

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Vliv vysoušení zemin na vyhodnocení

vlhkosti na mezi plasticity

Effect of Drying on the Plastic Limit

Student:

Barbora Šabatková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

Ostrava 2021

Zadání bakalářské práce

Student: **Barbora Šabatková**
Studijní program: B3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3647R017 Geotechnika
Téma: **Vliv vysoušení zemin na vyhodnocení vlhkosti na mezi plasticity**
Effect of Drying on the Plastic Limit
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Téma bakalářské práce navazuje na práci Bc. Veroniky Čechové (2020), která stanovovala vlhkost na mezi tekutosti na zeminách předem vysušených a na zeminách v přirozeném stavu.

Cílem této práce je stanovit další konzistenční mez - vlhkost na mezi plasticity - na stejných vzorcích, jako tomu bylo v předešlé studii.

Autorka tohoto tématu má za úkol zhodnotit vliv vysoušení na výsledné hodnoty mezi plasticity a porovnat výsledky i s jinými studiemi v rámci rešeršní práce.

Protože z uvedené studie (Čechová, 2020)) jsou známy meze tekutosti a procentuální zastoupení jednotlivých frakcí, je úkolem autorky také stanovit vliv sušení vzorku na index plasticity, aktivitu a klasifikaci zemin.

Seznam doporučené odborné literatury:

Šimek J., 1990. *Mechanika zemin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. ISBN 80-03-00428-4.

Čechová V., 2020. *Vliv vysoušení zemin na vyhodnocení vlhkosti na mezi tekutosti*. Bakalářská práce.

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební.

Sunil B.M., Krishnappa H., 2012. *Effect of Drying on the Index Properties of Lateritic Soils*. Geotechnical and Geological Engineering. 30(4):869-879.

Huvaj N., Uyeturk E., 2018. *Effects of drying on Atterberg limits of pyroclastic soils of Northern Turkey*. Applied Clay Science. 162:46-56. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169131718302333>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.**

Datum zadání: 30.10.2020

Datum odevzdání: 30.04.2021

doc. RNDr. Eva Hrubešová, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.“

V Ostravě, dne

Barbora Šabatková

Prohlašuji:

- Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě, dne

Anotace

ŠABATKOVÁ, Barbora. *Vliv vysoušení zemin na vyhodnocení vlhkosti na mezi plasticity*. Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, 2021. 88 stran.

Mezi tři základní Atterbergovy konzistenční meze patří mez plasticity, která je jednou ze základních charakteristik soudržných zemin. Tato bakalářská práce se zabývá vlivem vysoušení zemin na vyhodnocení vlhkosti na mezi plasticity. První část práce se zabývá teoretickým rozбором problematiky. Druhá, praktická část práce popisuje laboratorní přípravu dvaceti vzorků zemin odebraných v Moravskoslezském kraji a následné stanovení vlhkosti na mezi plasticity na vzorcích vysušených v sušičce při 105 °C po dobu 24 hodin. Dle normy ČSN EN ISO 17892-12 (listopad 2018) by se zkouška pro stanovení vlhkosti na mezi plasticity měla provádět na zemině v přirozeném stavu, a proto byla mez plasticity stanovena i na vzorcích, které vysoušeny v sušičce nebyly. Bylo zjištěno, že (a) vysoušení vzorků v sušičce při 105 °C ovlivní výsledné hodnoty vlhkosti na mezi plasticity, (b) stanovení vlhkosti na mezi tekutosti je citlivější na způsob přípravy vzorku než stanovení vlhkosti na mezi plasticity a (c) způsob přípravy vzorku ovlivní klasifikaci (tedy název zeminy) u 8 z 20 zkoušených zemin.

Klíčová slova: mez plasticity, zemina, vlhkost, index plasticity

Annotation

ŠABATKOVÁ, Barbora. *Effect of Drying on the Plastic Limits*. Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, 2021. 88 pages.

Among the three basic Atterberg consistency limits is the limit of plasticity, which is one of the basic characteristics of cohesive soils. This bachelor thesis deals with the influence of soil drying on the evaluation of moisture content at the plastic limit. The first part of the thesis deals with a theoretical analysis of the issue. The second part describes the practical part which consists of laboratory preparation of twenty soil samples taken in the Moravian-Silesian region and subsequent determination of moisture at the plastic limit on samples dried in a dryer at 105 ° C for 24 hours. According to the standard ČSN EN ISO 17892-12 (November 2018), the test for determining the moisture content at the plastic limit should be performed on the soil in the natural state, and therefore the plasticity limit was determined on samples that were not dried in the dryer. It was found that (a) drying the samples in an oven at 105 ° C will affect the resulting plastic limit values, (b) determining the moisture limit is more sensitive to the sample preparation method than determining the plastic limit moisture, and (c) determining the sample preparation method will affect the classification (ie soil name) of 8 of the 20 soils tested.

Key words: plasticity limit, soil, moisture content, plasticity index

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Výskyt vody v zemině.....	2
2.1	Vázaná voda	2
2.2	Kapilární voda	2
2.3	Gravitační voda.....	3
2.4	Vlhkost zeminy	4
2.5	Stanovení vlhkosti zeminy.....	5
3	Atterbergovy meze	6
3.1	Konzistenční stavy.....	6
3.2	Meze konzistence	7
3.3	Klasifikace zemin podle konzistenčních stavů	12
4	Stanovení vlhkosti na mezi plasticity dle ČSN EN ISO 17892-12 (listopad 2018).....	14
4.1	Příprava vzorku.....	14
4.2	Postup zkoušky	15
4.3	Vyhodnocení zkoušky	15
5	Vliv vysušování zemin na velikost konzistenčních mezí – rešerše.....	16
5.1	Sunil, 2012.....	16
5.2	Huvaj, 2018	22
5.3	Sridharan, 2000.....	26
5.4	Shrnutí studií Sunil, Huvaj, Shridharan	29
6	Laboratorní práce	31
6.1	Popis a odběr zemin.....	31
6.2	Mokrý a suchý způsob přípravy vzorku	33
6.3	Vlhkost na mezi tekutosti (Čechová, 2020).....	34
6.4	Vlhkost na mezi plasticity – laboratorní měření.....	36
6.4.1	Statistické vyhodnocení.....	40

6.4.2	Vyhodnocení zkoušky – vlhkost na mezi plasticity	42
6.5	Index plasticity (číslo plasticity).....	44
6.6	Aktivita jílu.....	46
7	Analýza výsledků	48
8	Závěr.....	51
	Seznam obrázků a grafů	53
	Seznam tabulek	55
	Seznam literatury.....	56
	Příloha	58

Seznam zkratek a proměnných

Symbol	název (jednotka)
w	vlhkost zeminy [%]
w_v	objemová vlhkost [%]
w_P	vlhkost na mezi plasticity [%]
w_L	vlhkost na mezi tekutosti [%]
w_S	vlhkost na mezi smrštění [%]
w_{P_nevys}	vlhkost na mezi plasticity pro nevysušený vzorek [%]
w_{P_vys}	vlhkost na mezi plasticity pro vysušený vzorek [%]
w_{L_nevys}	vlhkost na mezi tekutosti pro nevysušený vzorek [%]
w_{L_vys}	vlhkost na mezi tekutosti pro vysušený vzorek [%]
I_C	index konzistence
I_P	index plasticity [%]
I_L	index tekutosti
I_A	aktivita jílu
m	celková hmotnost vzorku [g]
m_d	hmotnost vzorku po vysušení [g]
m_w	hmotnost vody ve vzorku [g]
V	objem vody [m^3]
V_a	objem vzduchu v zemině [m^3]
V_w	objem vody v zemině [m^3]
V_s	objem skeletu [m^3]
V_p	objem pórů v zemině [m^3]
n	pórovitost [%]
h_k	kapilární výška [m]
h_{max}	nejvyšší hladina kapilární výšky [m]
AD	vzorky vysoušené na vzduchu
OD	vzorky vysoušené v sušičce
LOI	ztráta hmotnosti žiháním [%]

<i>USCS</i>	<i>jednotný systém klasifikace zemin</i>
<i>XRD</i>	<i>rentgenová difrakční analýza</i>
<i>f</i>	<i>množství jemné frakce [%]</i>
<i>x_{0,25}</i>	<i>25 %-ní kvartil</i>
<i>x_{0,5}</i>	<i>50 %-ní kvartil</i>
<i>x_{0,75}</i>	<i>75 %-ní kvartil</i>
<i>IQR</i>	<i>kvartilové rozpětí</i>
<i>s</i>	<i>množství písčité frakce [%]</i>
<i>g</i>	<i>množství štěrkovité frakce [%]</i>
<i>m</i>	<i>množství hlinité frakce [%]</i>
<i>c</i>	<i>množství jílovité frakce [%]</i>
<i>f</i>	<i>množství jemné frakce [%]</i>
<i>ρ_s</i>	<i>měrná hmotnost [kg · m⁻³]</i>
<i>d</i>	<i>průměr zrna [m]</i>

1 Úvod

Tato studie navazuje na bakalářskou práci slečny Veroniky Čechové (2020) na téma Vliv vysoušení zeminy na vyhodnocení vlhkosti na mezi tekutosti. Cílem této práce je stanovit další konzistenční mez, a to mez plasticity na stejných zeminách jako slečna Čechová a zhodnotit vliv vysoušení na vlhkost na mezi plasticity, a také porovnat výsledky této práce s jinými studiemi v rámci rešerše.

Nejčastější laboratorní zkouškou soudržných zemin je spolu se zrnitostním rozbořem stanovení konzistenčních mezí. Konzistence soudržných zemin je závislá na množství vody v zemině. Soudržné zeminy jsou směsí prachovitých, jílovitých, a také písčitých a šterkovitých zrn, které mohou v přírodě obsahovat vodu volnou i vázanou. Změnou množství vody v zemině se mění její konzistence. Dle Šimka (1990) rozdělujeme čtyři konzistenční stavy: tvrdý, pevný, plastický a kašovitý. Přechod z jednoho konzistenčního stavu do jiného označujeme jako mez konzistence. Rozlišujeme vlhkost na mezi plasticity w_P , vlhkost na mezi tekutosti w_L a vlhkost na mezi smrštění w_S . (Šimek, 1990)

Standardním postupem při přípravě vzorku zeminy pro stanovení meze plasticity a meze tekutosti je vysušovat vzorek zeminy v sušičce při teplotě 105 °C, tuto zeminu rozdrtit, prosít sítem 0,4 mm, smíchat s vodou a posléze ji zkoušet. Avšak dle normy (ČSN EN ISO 17892-12, 2018) by se zkouška pro stanovení vlhkosti na mezi plasticity a meze tekutosti měla provádět na zemině v přirozeném stavu. Proto byla mez plasticity stanovena na 20 vzorcích zemin dvojím způsobem. Jak na vzorcích, které v sušičce nebyly vysušeny, tak na vzorcích zemin, které předem byly vysušeny v sušičce při 105 °C. Byly zkoušeny stejné zeminy, které použila ve své práci slečna Čechová (2020).

V rámci rešerše byly prostudovány práce od Sunila (2012), Huvaje (2018) a Shridharana (2000), které popisují vliv přípravy vzorků na konzistenční meze z různých oblastí světa. Sunil (2012) studuje lateritické půdy z oblasti západního pobřeží Indie, Huvaj (2018) mořské jíly z oblasti Kyushu v Japonsku a Shridharan (2000) pyroklastické půdy ze severního Turecka.

Praktická část přináší řešení třech hlavních cílů této studie. Vysvětlí, zda bude mít vysoušení zeminy během přípravy vzorku vliv na stanovení meze plasticity, zda je vlhkost na mezi tekutosti citlivější na způsob přípravy než vlhkost na mezi plasticity, a jaký vliv má vysušení vzorku během přípravy na výslednou klasifikaci, index plasticity a aktivitu jílu.

2 Výskyt vody v zemině

Voda je konstitutivní součástí zemin a běžně se vyskytuje v horninovém prostředí. Zdrojem tzv. podzemní vody je průsak z vodních toků a nádrží nebo voda srážková, která se nachází pod povrchem terénu (Vojtasík, 2021). Voda je hybnou silou různých pochodů fyzikálních, fyzikálně-chemických, biologických, biochemických a chemických. Může se vyskytovat v různých skupenstvích, a to kapalném, plynném a pevném. (Lipinský, 2012)

- v kapalném stavu-rozdělujeme na (Lipinský, 2012):
 - vodu vázanou, kterou rozdělujeme na vodu pevně vázanou a na vodu volně vázanou
 - vodu volnou – gravitační, kapilární
- v plynném stavu – vodní pára ve vzduchu nebo v pórech zeminy
- voda v pevném stavu – led v zemině

2.1 Vázaná voda

Tvoří kolem pevné částice zeminy dostatečně silný obal (může být i několik desítek vrstev molekul vody), jehož rozměry se v jílech přibližují tloušťce minerálních částic. Síla vazeb rychle klesá se vzdáleností od povrchu částice, orientační vliv slábne a přechod do volné vody je postupný. Pevně vázaná voda se chová jako součást minerálních zrn, proto je potřeba k jejímu odstranění vyšších teplot. Slabě vázaná voda tvoří méně připoutané vrstvy kolem pevných částic a je možné ji odstranit i mechanicky. Pro rostliny je obalová voda nedostupná. (Šimek, 1990), (Lipinský, 2012)

2.2 Kapilární voda

Kapilární voda vzlíná vlivem povrchového napětí vody v pórech zeminy nad hladinu podzemní vody podobně jako v tenké skleněné trubičce (kapiláře). Nasycuje zeminu nad hladinou podzemní vody do tzv. kapilární výšky h_k . V nejužších pórech vystupuje ještě výše, do úrovně h_{max} , kde již není nasycena zemina. Pomocí kapilárních menisků je kapilární voda zavěšena na pevných částicích.

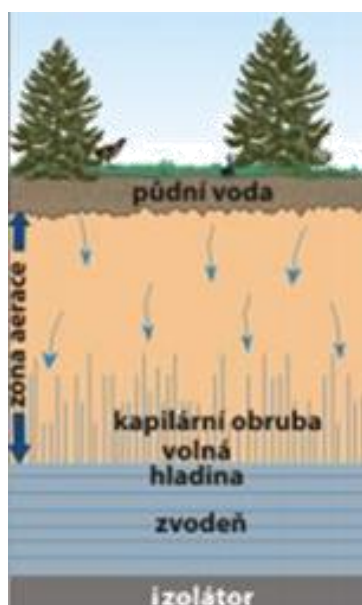
Výška, do které vystoupí kapilární voda, je přímo úměrná velikosti pórů (Tabulka 1). Poklesem hladiny podzemní vody klesá i kapilární hladina. (Šimek, 1990), (Lipinský, 2012)

Zemina	Kapilární výška h_k (m)
Písek	0,03–0,1
Jemný písek	0,1–0,5
Hlinitý písek	0,5–2,0
Sprašová hlína	2,0–5,0
Jílovohlinitá zemina	5–10

Tabulka 1: Kapilární výška zemin (Kolář, 1983)

2.3 Gravitační voda

Na gravitační vodu působí hlavně účinky gravitační síly, což znamená, že podléhá zemské přitažlivosti (viz Obrázek 1), proto se v zemině vyskytuje pouze krátkodobě. Gravitační voda je vázaná na větší mezery a dutiny, stéká hrubými gravitačními póry jako prosakující gravitační voda. Její hladina s nulovým potenciálem vytváří často nepravidelnou plochu, na níž se uplatňují kapilární síly se vztlínáním vody. Působením gravitace proudí voda ve směru hydraulického gradientu. (Lipinský, 2012)



Obrázek 1: Průsak srážkové vody z povrchu terénu (Petránek, 2016)

2.4 Vlhkost zeminy

Vlhkost zeminy můžeme charakterizovat jako poměr hmotnosti vody v pórech zeminy k hmotnosti skeletu zeminy. Pro inženýrskou praxi se používá definice vlhkosti na základě vody, která se uvolňuje při vysoušení při teplotě 105-110 °C. Průměrné hodnoty vlhkosti zeminy jsou uvedeny Tabulce 2. Vlhkost můžeme dělit na (Šimek, 1990):

- Hmotnostní vlhkost w
 - Poměr hmotnosti vody ve vzorku k hmotnosti pevné fáze (hmotnosti vysušeného vzorku)

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100\% = \frac{m - m_d}{m_d} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

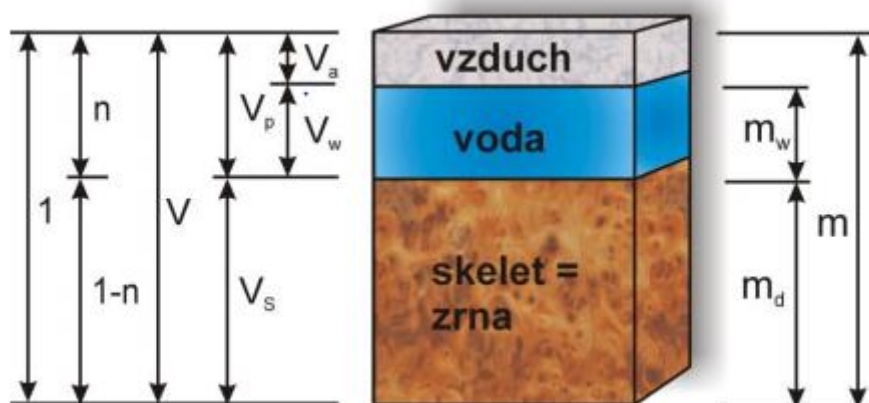
- Objemová vlhkost w_v
 - Poměr objemu vody v zemině k objemu zeminy

$$w_v = \frac{V_w}{V} \quad (2.2)$$

Kde: m – celková hmotnost vzorku, m_d – hmotnost vysušeného vzorku, m_w – hmotnost vody ve vzorku, V_w – objem vody v zemině, V – objem zeminy (viz Obrázek 2)

Druh zeminy	Vlhkost (%)
Písek	10–24
Jílovité zeminy	24–35
Jíl	35–50

Tabulka 2: Průměrné hodnoty přirozené vlhkosti zeminy (Lipinský, 2012)



Obrázek 2: Třífázový systém (Lipinský, 2012)

Kde: m – celková hmotnost zeminy, m_d – hmotnost vysušené zeminy, m_w – hmotnost vody zemině, V_w – objem vody v zemině, V – objem zeminy, V_s – objem skeletu, V_a – objem vzduchu v pórech zeminy, V_p – objem pórů v zemině, n – pórovitost

2.5 Stanovení vlhkosti zeminy

Stanovení vlhkosti zemin v laboratoři určuje norma (ČSN EN ISO17982-1, 2015). Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 1: Stanovení vlhkosti zemin. Dle této normy předpokládáme, že zemina má určitou vlhkost v přirozeném stavu uložení, kterou lze odstranit vysoušením v sušičce. Vzorek zeminy vložíme do váženky, zvážíme, a poté vložíme do sušičky a vysoušíme při teplotě $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ po dobu 12 až 24 hodin, abychom následně mohli vyjádřit procenta hmotnosti suché zeminy a stanovit vlhkost dle vztahu (2.1).

Podrobněji se tomuto tématu věnuje slečna Čechová (2020).

3 Atterbergovy meze

Známý skandinávský chemik a zemědělský vědec Albert Atterberg definoval Atterbergovy meze, což jsou meze konzistence zemin, které jsou dnes cenné například pro klasifikaci jemnozrnných zemin. Jeho práce směřovala převážně ke klasifikaci a studiu jílovitých zemin. Rovněž provedl studie zaměřené na identifikaci konkrétních minerálů, které jílovité půdě dodávají její plastickou povahu. Jako první navrhl limit $d < 0,002$ mm jako klasifikaci pro jílovité částice, kde d je velikost zrna. (Šimek, 1990).

3.1 Konzistenční stavy

Konzistenční stavy jsou základním měřítkem kritického obsahu vody v jemnozrnných zeminách, (označovaných také jako soudržné zeminy, tj. směsi jílovitých, prachovitých, a také hrubých zrn). V závislosti na obsahu vody se půda může objevit v jednom ze čtyř stavů: pevném, tvrdém, plastickém a tekutém / kašovitém. V každém stavu je chování a konzistence půdy odlišná a tedy i její vlastnosti. Fyzikální stav soudržné zeminy, závislý na vlhkosti, je tzv. konzistence nebo konzistenční stav. Při nízké vlhkosti se bude zemina chovat jako pevná látka, zatímco s rostoucí vlhkostí se stává plastická. Díky vysoké vlhkosti se může dostat až do stavu kašovitého případně může protékat jako kapalina (Čechová, 2020), (Šimek, 1990).

Konzistenční stavy jsou podle Šimka (1990) definovány následovně:

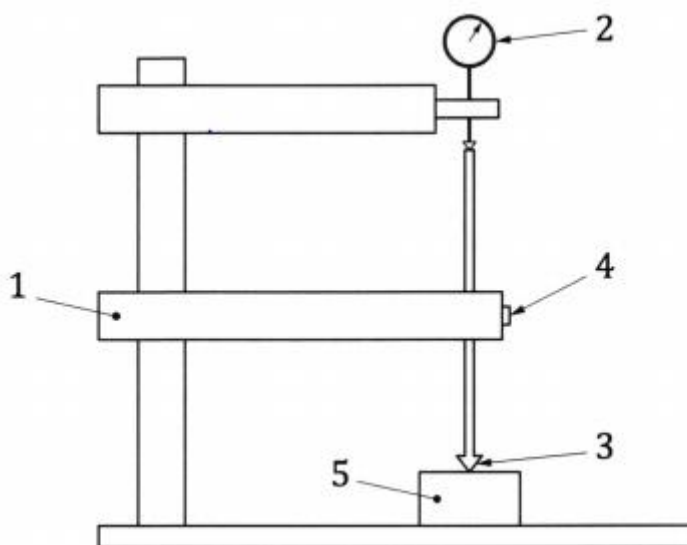
- **Tvrdý stav** – zemina je suchá, má světlou barvu, chová se jako pevné těleso, které můžeme rozbít na ostrohranné kusy.
- **Pevný stav** – zemina má nízkou vlhkost, tmavší zabarvení, hrudky nejsou ostrohranné, zemina je drobivá, nelze z ní vyválet válečky o průměru 3 mm.
- **Plastický stav**
 - Tuhoplastický stav – zemina se těžce hněte, ale lze z ní vyválet válečky o průměru 3 mm.
 - Měkkce plastický stav – zeminu můžeme lehce hníst. Měkkce plastická zemina se při sevření v pěsti protlačí mezi prsty.
- **Tekutý / kašovitý stav** – zemina ztrácí pevnost, chová se jako hustá, viskózní tekutina.

Konzistence soudržných zemin ovlivňuje jejich stlačitelnost a pevnost.

3.2 Meze konzistence

Pokud se mění množství vody v zemině, dochází ke změně chování zeminy, což znamená přechod z jedné konzistence do druhé. Přechod z jednoho konzistenčního stavu do jiného nastává v určité konkrétní soudržné zemině vždy za stejných charakteristických vlhkostí, které označujeme jako konzistenční meze. (Šimek, 1990)

- **Mez smrštění w_s** – hranice mezi tvrdým a pevným stavem, která odpovídá vlhkosti, při které postupně vysušovaná zemina přestává zmenšovat svůj objem nebo délkový rozměr.
- **Mez plasticity w_p** – znamená přechod z pevného do plastického stavu. Mez plasticity je definována jako vlhkost, při níž zemina vyválená na válečky o průměru 3 mm začíná podélně a příčně praskat.
- **Mez tekutosti w_L** – odpovídá vlhkosti, při které nastává přechod z měkce plastického do tekutého (kašovitého) stavu. Mez tekutosti určujeme pomocí Casagrandeho přístroje nebo pomocí kuželové zkoušky (Obrázek 3).

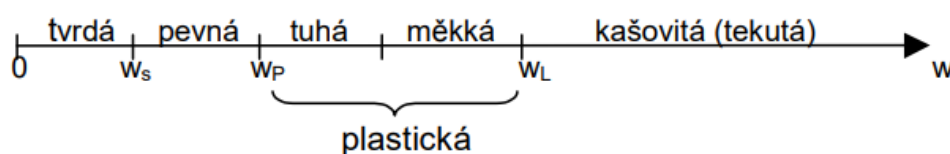


Obrázek 3: Určování meze tekutosti pomocí kuželové zkoušky
(ČSN EN ISO 17892-12, 2018)

Legenda: 1 – vertikální seřizovací mechanismus, 2 – penetrační měřicí zařízení, 3 – kužel, 4 – tlačítko uzamčení/spuštění, 5 – zkušební vzorek

Charakteristika konzistence je velmi důležitá, protože vyjadřuje odolnost zeminy proti deformaci. Nachází-li se konkrétní vlhkost zeminy v rozsahu vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity, poté zemina vykazuje plastické chování, což znamená, že zemina v tomto stavu má určitou smykovou pevnost. Pokud smykovou pevnost překročíme, zemina se začne plasticky přetvářet (Šimek, 1990).

Při zvýšení vlhkosti nad mez tekutosti w_L se chování zeminy mění a její stav se označuje za kašovitý až tekutý (Obrázek 4). Zemina v tomto stavu klade minimální nebo nulový odpor proti smykovému přetvoření. (Šimek, 1990)



Obrázek 4: Zobrazení konzistence soudržných zemin na vlhkostní ose (Šimek, 1990)

Konzistenční stav soudržných zemin můžeme vyjádřit vzájemným porovnáním konkrétní vlhkosti zeminy w s konzistenčními mezemi, vlhkosti na mezi tekutosti w_L a vlhkosti na mezi plasticity w_P . Stav soudržných zemin se nejčastěji vyjadřuje pomocí indexu (číslo) konzistence I_c :

$$I_c = \frac{w_L - w}{w_L - w_P} = \frac{w_L - w}{I_P} \quad (3.1)$$

Kde I_P je index plasticity.

Podle hodnoty indexu konzistence I_c lze určit, v jakém konzistenčním stavu se zemina nachází (viz Tabulka 3).

Index konzistence I_c	Konzistence
> 1	pevná až tvrdá
$1,0 - 0,5$	plastická tuhá
$0,5 - 0,0$	plastická měkká
$< 0,0$	kašovitá až tekutá

Tabulka 3: Stupně konzistence (Šimek, 1990)

Index tekutosti I_L můžeme pro soudržné zeminy vyjádřit tímto vztahem:

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P} \quad (3.2)$$

Přitom obecně platí:

$$I_c + I_L = 1 \quad (3.3)$$

Jemná frakce zeminy reprezentována především jílem se obvykle klasifikuje podle indexu plasticity.

Existují zeminy, u kterých nelze stanovit mez plasticity, a to způsobuje, že nemají plastickou fázi. Tyto zeminy označujeme jako neplastické, jelikož u nich nelze stanovit index plasticity.

Index plasticity je rozdíl meze tekutosti a meze plasticity

$$I_P = w_L - w_P \quad (3.4)$$

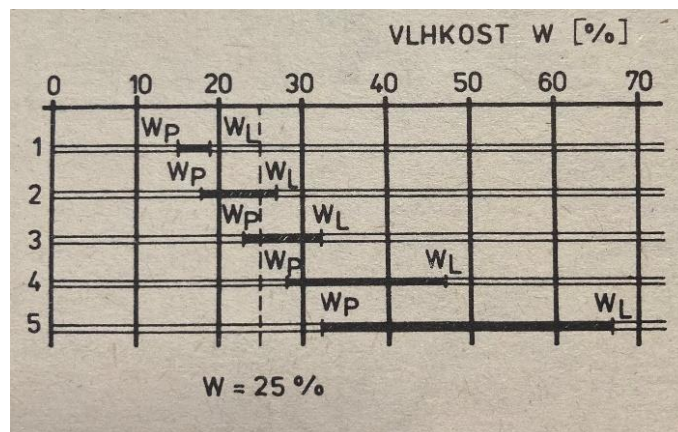
Index plasticity vyjadřuje v procentech rozsah vlhkosti, ve kterém je zemina plastická. Ukazuje schopnost zeminy vázat vodu, aniž dojde ke změně jejího stavu. Čím více jílovitých minerálů zemina obsahuje, tím vyšší je index plasticity (Tabulka 4). Atterberg využil index plasticity k přibližné klasifikaci zemin.

Kategorie zemin	Index plasticity I_P	Plasticita
písečné zeminy	< 1	
písečné hlíny	$1,0 - 10,00$	nízká
písečné a prachovité jíly	$10,00 - 20,00$	střední
jíly	> 20	vysoká

Tabulka 4: Rozdělení zemin podle Atterberga na základě indexu plasticity (Šimek, 1990)

Víme, že čím je vyšší index plasticity, tím je zemina jílovitější (Obrázek 5), méně propustná. Naopak zeminy s nízkým indexem plasticity snáze konsolidují, jsou lépe zpracovatelné.

Legenda: 1 – písčité hlína, 2,3 – prachovité hlíny, 4 – jílovitá hlína, 5 – jíl



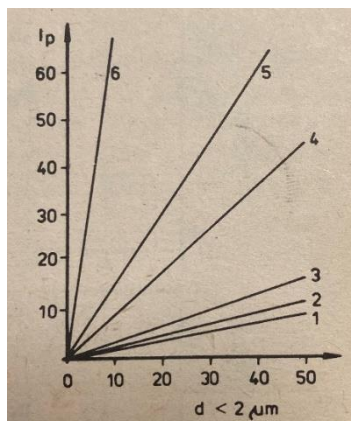
Obrázek 5: Plasticcká oblast různých zemin
(Šimek, 1990)

Na Obrázku 5 je vyznačen rozsah plasticcké oblasti různých soudržných zemin. Je z něj zřejmé, že index plasticity I_P není absolutní hodnotou. Konkrétní vlhkost zeminy nás neinformuje o konzistenčním stavu zeminy. Například při vlhkosti $w = 25\%$ je první zemina (Obrázek 5) již v kašovitém stavu ($w > w_L$), druhá zemina je měkce plasticcká, třetí tuhoplasticcká, čtvrtá pevná, pátá pevná nebo tvrdá. (Šimek, 1990)

Již v roce 1953 zavedl stavební inženýr Sir Alec Skempton pojem „aktivita jílu“, která byla definována jako podíl indexu plasticity I_P (%) a procentuálního zastoupení jílovitých zrn (tj. zrn s $d < 0,002$ mm).

$$I_A = \frac{\text{Index plasticity}}{\text{podíl zrn jílovité frakce} < 0,002 \text{ mm}} \quad (3.5)$$

Podle Skemptona mají jíly se stejným mineralogickým složením, původem a geologickou minulostí, stejnou aktivitu jílu. Hodnoty aktivity jílu jsou pro některé minerály uvedeny v Tabulce 5 a graficky zobrazeny na Obrázku 6.



Obrázek 6: Aktivita minerálů a jílu podle Skemptona (Šimek, 1990)

Legenda: 1 – kalcit, 2 – muskovit, 3 – kaolinit, 4 – illit, 5 – Ca – montmorilonit, 6 – Na – montmorilonit

Aktivita jílu ukazuje schopnost jílové složky v zemině vázat vodu.

Minerál	Aktivita I_A
křemen	0
kalcit	0,18
muskovit	0,23
kaolinit	0,33
illit	0,29
Ca - montmorilonit	1,5
Na - montmorilonit	7,2

Tabulka 5: Aktivita jílu (Šimek, 1990)

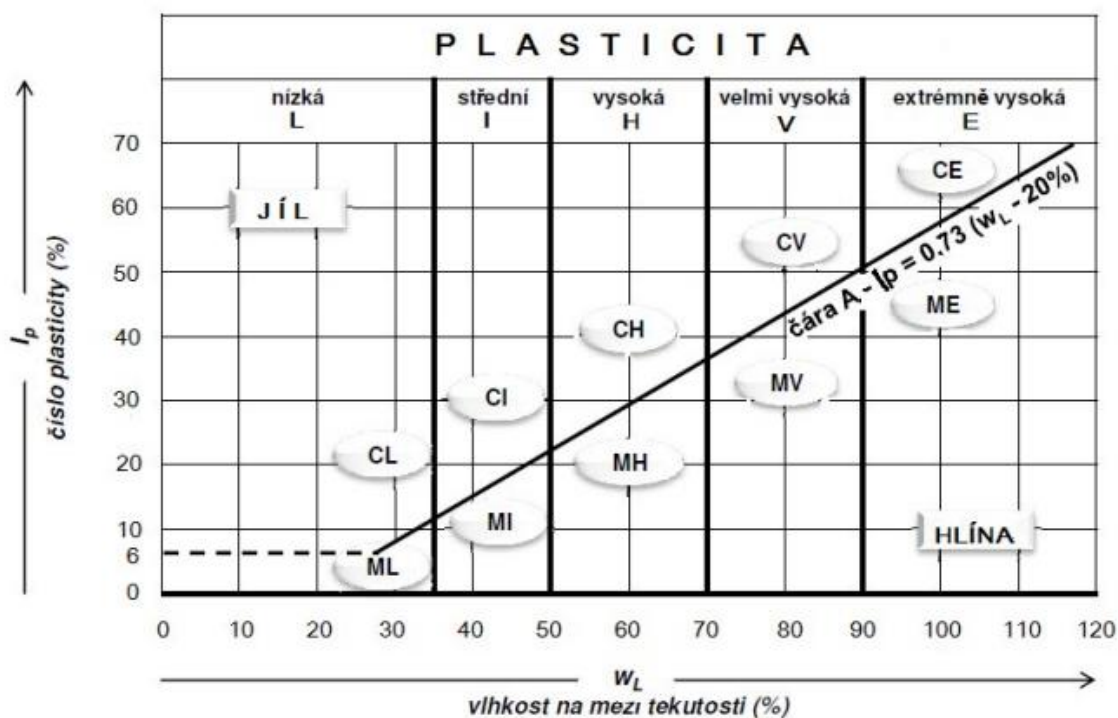
3.3 Klasifikace zemin podle konzistenčních stavů

Zrnitostní rozbor částic udává kvantitativní údaje o rozsahu velikostí částic (tzn. procentuální zastoupení jílovité, hlinité, písčité, šterkovité, kamenité a balvanité frakce). Jílovité částice jsou ale natolik malé, že je není možné vizuálně zkoumat (leďa elektronickým mikroskopem) (Čechová, 2020). Pomocí konzistenčních mezí lze stanovit, zda se jedná o hlínu nebo jílovitou zeminu a lze určit i pravděpodobný typ jílovitého minerálu pomocí již zmíněné aktivity jílu.

Klasifikaci zemin pomocí konzistenčních mezí provádíme pomocí Casagrandeho plasticitního diagram, podle kterého charakterizujeme zeminy s částicemi menšími než 0,5 mm.

Jemnozrnné zeminy v plasticitním diagramu dělíme dle (ČSN P 73 1005) (Obrázek 7) na:

- Jíl (C), který se v plasticitním diagramu nachází nad čarou A
- Hlína (M), která se v plasticitním diagramu nachází pod čarou A



Obrázek 7: Diagram plasticity (ČSN P 73 1005, 2016)

Čára „A“ v Casagrandeho plasticitním diagramu je definována vztahem:

$$I_p = 0,73 \cdot (w_L - 20) \quad (3.6)$$

Tato „čára A“ byla odvozena pomocí experimentálních zkoušek a vytváří hranici, která v plasticitním diagramu rozděluje anorganickou jílovitou zeminu od hlinité zeminy. (Head, 2006)

Plasticitu jemnozrnných soudržných zemin klasifikujeme pomocí vlhkosti na mezi tekutosti – viz Tabulka 6.

Plasticita	Značka	Mez tekutosti w_L
nízká	L	< 35 %
střední	I	35 – 50 %
vysoká	H	50 – 70 %
velmi vysoká	V	70 – 90 %
extrémně vysoká	E	> 90 %

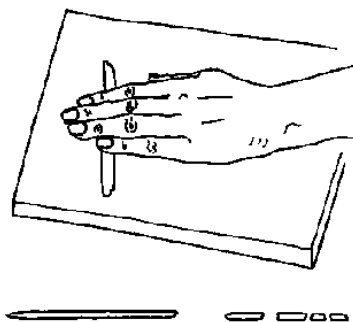
Tabulka 6: Stupně plasticity (ČSN P 73 1005, 2016)

Značky zmíněné v Tabulce 6 se objevují v názvu zemin s procentuálním zastoupením jemné frakce $f > 65$ % (pro jíly – CL, CI, CH, CV, CE a pro hlíny – ML, MI, MH, MV, ME) (ČSN P 73 1005, 2016). (Pozn. jemná frakce zahrnuje zrna < 0,06 mm).

Jíly s vysokou plasticitou jsou známy tím, že pomaleji konsolidují, jelikož mají nižší propustnost. Naopak to je u jílu s nízkou plasticitou. Všeobecně víme, že jsme schopni charakterizovat typ jílu pomocí meze tekutosti a meze plasticity (Čechová, 2020).

4 Stanovení vlhkosti na mezi plasticity dle ČSN EN ISO 17892-12 (listopad 2018)

Stanovení vlhkosti na mezi plasticity se řídí podle normy (ČSN EN ISO 17892-12, 2018). Norma doporučuje pro zkoušku 15–20 g vzorku zeminové pasty, kterou si předem dle (odstavce 5.2) zmíněné normy připravíme a vzorek zeminy umístíme na mísící nebo válečí desku (Obrázek 8).



Obrázek 8: Laboratorní zkouška pro stanovení meze plasticity (Bednář, 2016)

4.1 Příprava vzorku

Dle normy (ČSN EN ISO 17892-12, 2018) nemají být zkušební vzorky zemin běžně vysušovány před laboratorními zkouškami, měly by se testovat v přirozeném stavu. Pokud je nezbytně nutné zeminu předem vysušit, je potřeba tuto skutečnost uvést do laboratorního protokolu.

Pro zkoušky se používá vzorek zeminy, jehož zrna projdou sítím o průměru 0,425 nebo 0,4 mm. U jemnozrnných zemin norma požaduje, aby vzorek zeminy měl alespoň 15-20 gramů. Je-li vzorek málo vlhký, přidáme destilovanou vodu a důkladně promícháme špachtlí, z čehož vznikne zeminová pasta. V případě příliš vlhké zeminy lze vzorek rozprostřít na odpařovací misku, kde se nechá pomalu vysušit na vzduchu nebo se nechá vysušit pod mírnou teplotou v sušičce při maximální teplotě 50 °C. Vzorek je potřeba neustále promíchávat, aby se na povrchu netvořila zaschlá krusta zeminy (ČSN EN ISO 17892-12, 2018); odstavec 5.2.7.5), (Čechová, 2020).

4.2 Postup zkoušky

Pro dobré provedení zkoušky je důležitá příprava pomůcek (váha, váženky, vzorky zemin, destička na určení průměru válečku, válečí deska, laboratorní protokol) určených ke stanovení vlhkosti na mezi plasticity.

Zeminovou pastu necháme částečně na válečí desce zaschnout, dokud nebude vzorek zeminy dostatečně plastický, aby se mohl dále tvarovat. Vzorek může být také vysoušen vzduchem při nízké teplotě v sušičce. Z částečně zaschlé zeminové pasty vytvoříme mezi prsty kuličku a válíme ji mezi dlaněmi, dokud teplo dlaní dostatečně nevysuší zeminovou pastu natolik, aby se na jejím povrchu vytvořily drobné prasklinky. Poté rozdělíme kuličku zeminové pasty na dvě přibližně stejné části, které rozdělíme na zbylé tři dílčí části. První dílčí část (první půlku) zeminové pasty se snažíme formovat do válečků o průměru 6 mm. Zhotovený váleček položíme na válečí desku a rovnoměrným pohybem ruky válíme váleček dopředu a dozadu, dokud váleček nedosáhne rovnoměrného průměru 3 mm. Je-li to nutné, použijeme k určení průměru válečku 3 mm destičku (Obrázek 27). Opakujeme tak dlouho dokud se váleček při průměru 3 mm nerozpadne. Správným koncovým bodem válečkování je, když se válečky začnou spíše rozpadat, než když praskají. Kousky válečku, které nám vznikly vložíme do váženky a zakryjeme, aby nedošlo ke ztrátě vlhkosti. Na zbylých dvou dílčích částech opakujeme stejný postup. Poté stanovíme obsah vody ve vzorcích zeminy, tedy vlhkost zemin w_{P1} dle vztahu (2.1). Celý postup provedeme i na druhé dílčí části vzorku (druhé půlce). Tu opět rozdělíme na tři dílčí části a s nimi provedeme válečkovou zkoušku. Válečky vkládáme do váženky a stanovíme vlhkost w_{P2} .

Některé zeminy mají velmi nízkou plasticitu, a proto může být obtížné posoudit přesné podmínky rozpadu vzorku. Pokud není možné tyto podmínky splnit, tedy uválet válečky o průměru 3 mm, měl by být vzorek označen za neplatný.

4.3 Vyhodnocení zkoušky

Vlhkost na mezi plasticity vyhodnotíme jako průměrnou hodnotu ze dvou získaných vlhkostí w_{P1} a w_{P2} dle vztahu (2.1).

Pokud jsou vlhkosti w_{P1} a w_{P2} rozdílné o více než 2 % pro zeminy s $w_P \leq 40$ %, nebo o více než 5 % pro zeminy s $w_P > 40$ %, je třeba zkoušku opakovat.

5 Vliv vysušování zemin na velikost konzistenčních mezí – rešerše

Při vysušování zemin v sušičce dochází ke změně vlastností některých zemin. Toto téma v mé bakalářské práci není podrobně rozepsáno, protože se této problematice již ve své práci věnovala Veronika Čechová (2020).

V následujících třech podkapitolách jsou stručně popsány výsledky tří studií, ve kterých byl zkoumán vliv metodiky přípravy vzorků na konzistenční meze.

5.1 Sunil, 2012

Sunil (2012) se ve své studii zabývá účinkem vysoušení na lateritických zeminách v západní Indii. V této oblasti roční srážky nabývají hodnot okolo 3000 mm/m². Tyto zeminy vznikají zvětráváním různých hornin vyskytujících se v tropickém až subtropickém klimatu. Kvůli převládajícím klimatickým podmínkám se vlastnosti lateritických půd mohou lišit v závislosti na místu výskytu, rozdílných geologických podmínkách, a také na mineralogickém složení půdy. Autor se v této studii zabývá celkem 11 vzorky zemin, které byly odebrané z otevřených zkušebních jam z hloubky přibližně 1,5 m až 2 m od přirozené úrovně terénu.

Vzorky zemin byly připraveny dvojím způsobem:

- vzorky zeminy sušené na vzduchu při normální teplotě okolí okolo 25 až 30 °C (AD vzorky),
- vzorky zeminy sušené v termostaticky řízené sušičce do konstantní suché hmotnosti při 110±5 °C (OD vzorky).

Při určování Atterbergových mezí byly vzorky zeminy smíchány s destilovanou vodou do vhodné konzistence. Nadále byly uloženy do plastových obalů po dobu 24 hodin, aby vzniklá zeminová pasta byla před testováním rovnoměrně nasycena.

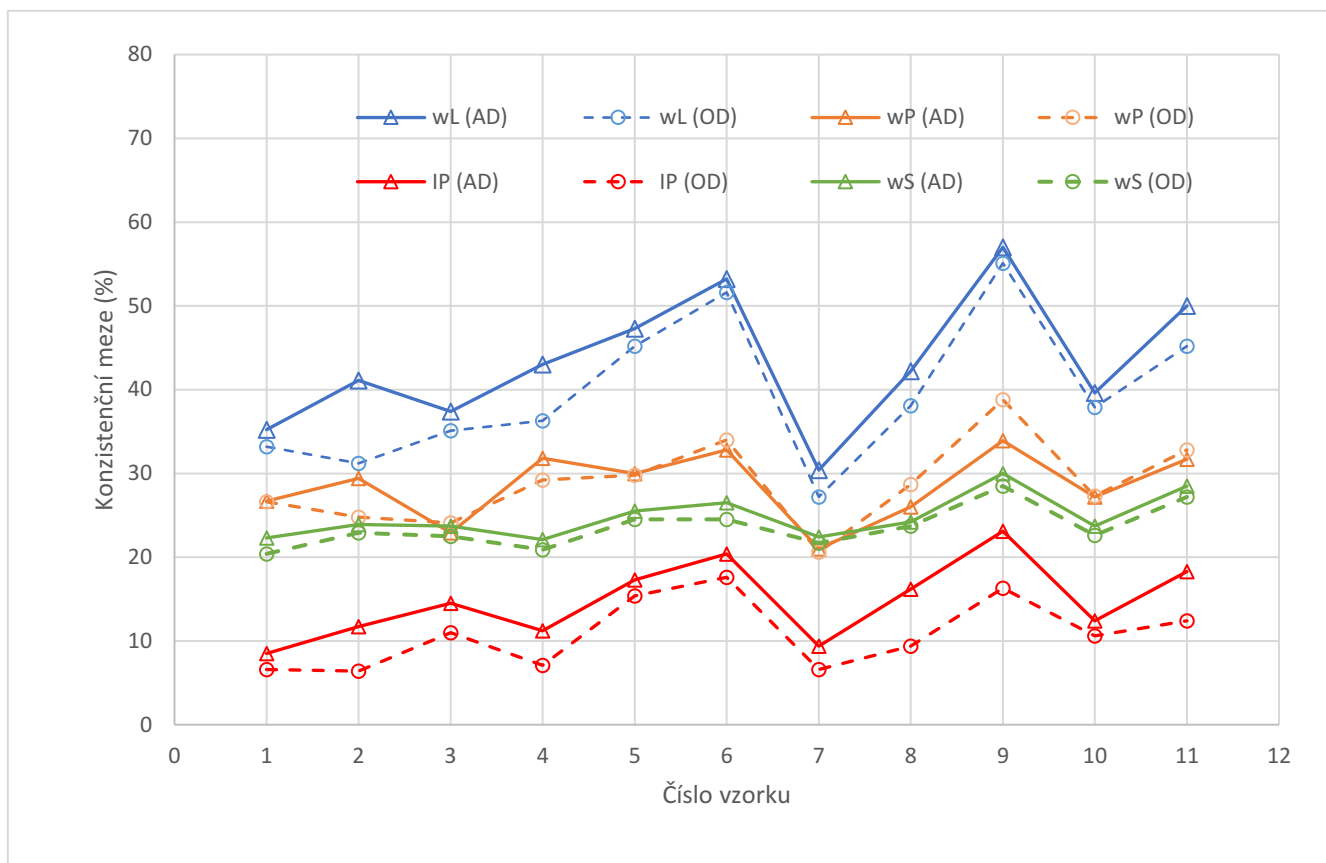
Mineralogické složení lateritických zemin bylo stanoveno pomocí rentgenové difrakční analýzy nerostů (XRD) práškovou metodou. V daném případě se práškový minerální vzorek umístí do rentgenových paprsků, které jsou rozptylovány v omezeném počtu úhlů podle krystalické mřížky vzorku. Výsledky rentgenové difrakční analýzy ukázaly, že lateritická zemina byla složena z kaolinitu, gipsitu a goetitu. Účinek sušení lateritických zemin byl studován pomocí skenovacího elektrického mikroskopu. (Sunil, 2012), (Čechová, 2020)

Výsledné hodnoty Atterbergových mezí uvedených ve studii od Sunila (2012) vyjadřuje Tabulka 7. Z výsledných hodnot je dáno, že hodnoty meze tekutosti veškerých zemin připravovaných vysoušením v sušičce (OD) při 110 °C se v porovnání se zeminami, které byly vysoušeny na vzduchu (AD) zmenšily o 1,6 – 9,9 % (Čechová 2020).

Vliv způsobu přípravy vzorků u meze plasticity nebyl vůbec jednoznačný. V každém vzorku zeminy došlo ke změně hodnoty meze plasticity, ale u některých vzorků zemin byla hodnota meze plasticity menší před vysoušením při teplotě 110 °C v sušičce než u zemin vysoušených při laboratorní teplotě. U jiných vzorků zemin byla hodnota meze plasticity větší. Způsob přípravy vzorku zeminy minimálně ovlivňovalo výslednou vlhkost na mezi smrštění (vyobrazeno na Obrázku 9). (Sunil 2012), (Čechová, 2020)

Vzorek	Mez tekutosti (%)		Mez plasticity (%)		Index plasticity (%)	
	AD	OD	AD	OD	AD	OD
1	35,2	33,2	26,7	26,6	8,5	6,6
2	41,1	31,2	29,4	24,8	11,7	6,4
3	37,4	35,1	22,9	24,1	14,5	11
4	43	36,3	31,8	29,2	11,2	7,1
5	47,3	45,2	30	29,8	17,3	15,4
6	53,2	51,6	32,8	34	20,4	17,6
7	30,4	27,2	21	20,6	9,4	6,6
8	42,2	38,1	26	28,7	16,2	9,4
9	57	55,1	33,9	38,8	23,1	16,3
10	39,6	37,9	27,2	27,3	12,4	10,6
11	50	45,2	31,7	32,8	18,3	12,4

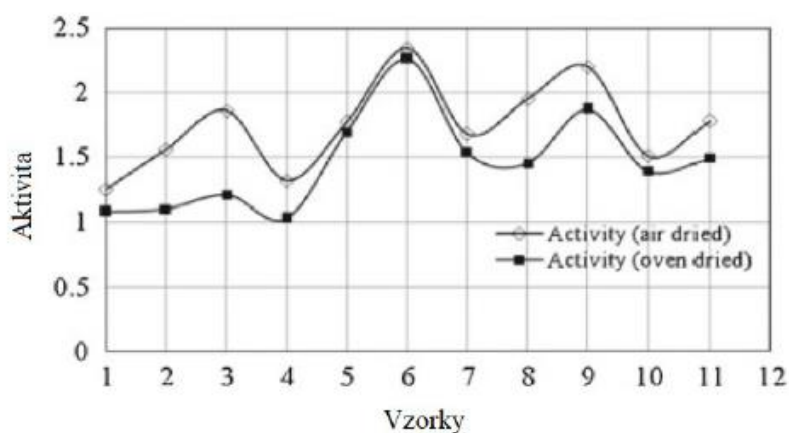
Tabulka 7: Výsledné hodnoty indexu plasticity a vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity (Sunil, 2012)



Obrázek 9: Atterbergovy meze pro vzorky vysušené na vzduchu a vysušené v sušičce (Sunil, 2012)

Legenda k Obrázku 9: w_L = vlhkost na mezi tekutosti, w_P = vlhkost na mezi plasticity, w_S = vlhkost na mezi smrštění, I_P = index plasticity, (AD) = vzorek vysušený na vzduchu, (OD) = vzorek vysušený v sušičce

Z grafu na Obrázku 10 vyplývá, že aktivita jílu stanovená na vzorcích zemin vysušených v sušičce je nižší oproti aktivitě stanovené na zeminách vysušených pouze na vzduchu.

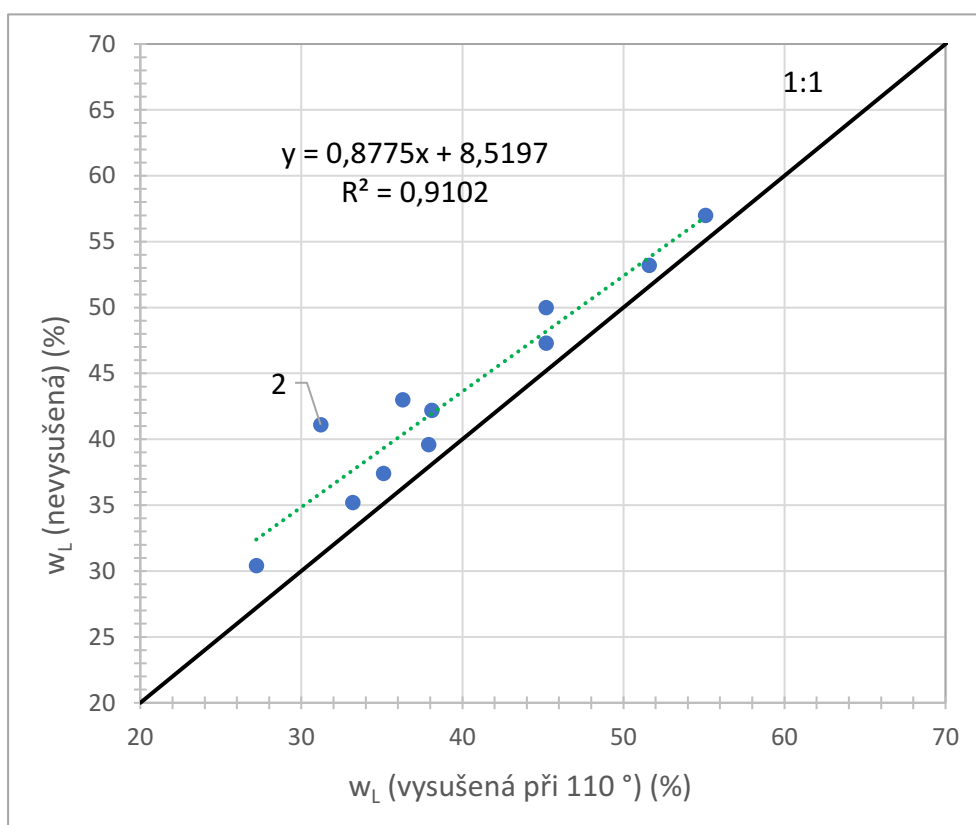


Obrázek 10: Aktivita zemin na vzorcích vysušených v sušičce (OD) a na vzorcích vysušených při teplotě 25–30 °C (AD) (Sunil, 2012).
Legenda: Activity = aktivita jílu, air dried = vysušený na vzduchu, oven dried = vysušený v sušičce

Techniky přípravy vzorků mohou mít významný vliv na vlastnosti zeminy. Vysoušením v sušičce odstraníme veškeré množství volné vody v zemině. Pokud dojde ke ztrátě vázané či strukturální vody, dojde ke změně indexových vlastností.

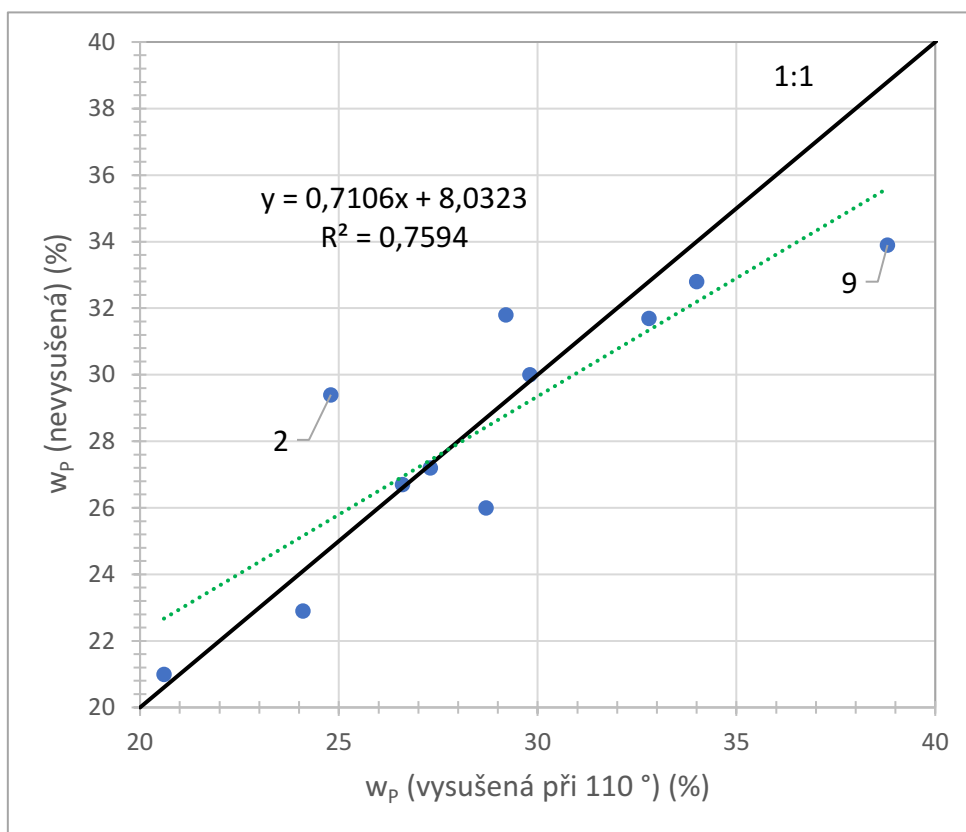
Sunil (2012) ve své studii uvádí hlavní příčinu změny konzistenčních mezí ve shlukování zrn, ke kterému dochází během vysoušení v sušičce. U lateritických zemin povlak volného oxidu železa na povrchu agreguje částice do shluku. Takto vytvořené shluky mají menší specifický povrch a absorbují méně vody, čímž dochází ke změně indexu plasticity a výsledných hodnot meze tekutosti meze plasticity. (Čechová, 2020)

V následujících grafech je vyobrazeno vyhodnocení zkoušek vlhkosti na mezi plasticity vysušených a nevysušených vzorků (Obrázek 12) a vlhkosti na mezi tekutosti vysušených a nevysušených vzorků (Obrázek 11) u 11 zemin ze studie Sunila (2012). Na Obrázku 11 na ose X je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti vysušená a na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti nevysušená. Graf poukazuje na to, že u zkoušky na vlhkost na mezi tekutosti má příprava vzorků vliv na konečné výsledky, jelikož se všechny body nacházejí mimo černou čáru (kde $X = Y$), konkrétně nad touto čarou. Znamená to, že vlhkost na mezi tekutosti nevysušená má větší výsledné hodnoty než vlhkost na mezi tekutosti vysušená. Největší pokles $w_{L,vys}$ oproti $w_{L,nevys}$ o 24,09 % (vyjádřeno poměrem) je u vzorku č. 2.



Obrázek 11: Porovnání vlhkostí na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Sunil, 2012)

Obrázek 12 zobrazuje vyhodnocení zkoušky vlhkosti na mezi plasticity vysušených vzorků a vlhkosti na mezi plasticity nevysušených vzorků. Na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi plasticity nevysušená a na ose X je znázorněná vlhkost na mezi plasticity vysušená. U meze plasticity vidíme, že pět z jedenácti bodů leží nad černou čarou ($w_{P,vys}/w_{P,nevys} < 1$), což znamená, že mez plasticity nevysušená má větší hodnoty než mez plasticity vysušená. Maximální rozdíl v hodnotách meze plasticity je u vzorku č. 9 ($w_{P,vys} - w_{P,nevys} = 4,9 \%$), což poměrem vyjádřeno je navýšení $w_{P,vysu\check{s}}$ oproti $w_{P,nevysu\check{s}}$ o 14,45 %. Maximální změna vyjádřená poměrem $w_{P,vys}/w_{P,nevys}$ je u vzorku č. 2. Tady došlo ke snížení $w_{P,vys}$ oproti $w_{P,nevys}$ o 15,65 %.



Obrázek 12: Porovnání vlhkostí na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Sunil, 2012)

5.2 Huvaj, 2018

Huvaj (2018) se zabývá účinky vysoušení na konzistenční meze u 30 vzorků zemin odebraných z oblasti sesuvu v pyroklastických ložiscích v severním Turecku. Pyroklastická půda se skládá z úlomkovitého sopečného materiálu způsobeného sopečnou explozí. Je známo, že subtropické prostředí a vlhké podnebí regionu podporuje intenzivní chemické zvětvávání mělkých podpovrchových vulkanických jednotek. (Huvaj 2018), (Čechová, 2020).

Vzorky zemin byly odebrány ze svahů z hloubky od 0,2 m do 4 m a umístěny do plastových pytlů, aby byla zachována vlhkost in situ. Pro účely této práce byly vybrány pouze ty vzorky, u kterých šlo stanovit mez plasticity (tj. celkem 20 z 30 vzorků). Rozsah mezních hodnot pro mez tekutosti se pohybuje od 35 % do 103 %. Pokud jsou vzorky připraveny vysoušením při 110 °C, jsou meze tekutosti vysušených vzorků o 2–30 % (s průměrným rozdílem 15,6 %) nižší než hodnoty meze tekutosti nevysušených vzorků. (Huvaj (2018) a Čechová (2020) uvádějí jiné hodnoty, protože pracují i se zeminami, u kterých nebylo možné stanovit vlhkost na mezi plasticity). Rozsah mezních hodnot pro mez plasticity se pohybuje pro vysušené vzorky od 24 do 57 % pro nevysušené vzorky od 24 do 75%

Mineralogie vzorků je zkoumána pomocí rentgenové difrakční analýzy, která identifikovala hydratovaný jílovitý minerál ze skupiny kaolinitu, tzv. halloysit. Organický obsah vzorků byl stanovený ztrátou hmotnosti žháním. (Huvaj 2018), (Čechová, 2020)

Huvaj (2018) ve své studii popisuje, že vysoušení vzorků může způsobit významné změny v Atterbergových mezích, zejména u zvětralých, subtropických či tropických zemin, obsahující některé minerální látky. Studie poukazuje na to, že vysoušení vzorků zeminy významně ovlivňuje výsledky Atterbergových mezí v případě, že vzorek obsahuje minerální halloysit nebo organický materiál. Následně se pro organické zeminy či zeminy s obsahem halloysitu nebo alofanu nedoporučuje vysušování vzorků a Atterbergovy meze mají být stanovené ze vzorků o přirozeném obsahu vody. Autor se ve své studii zaměřil zejména na obsah minerálu halloysitu ve vzorcích, kromě jiných jílovitých minerálů, protože halloysit je znám, jako minerál způsobující rozdíly Atterbergových mezí zemin v důsledku sušení a nevratnou dehydrataci (Čechová, 2020).

Stanovení meze tekutosti při podmínkách sušení vzorku při 110 °C bylo stanoveno za použití Casagrandeho misky. Mez plasticity byla stanovena válečkovou metodou. Výsledné hodnoty – viz Tabulka 8.

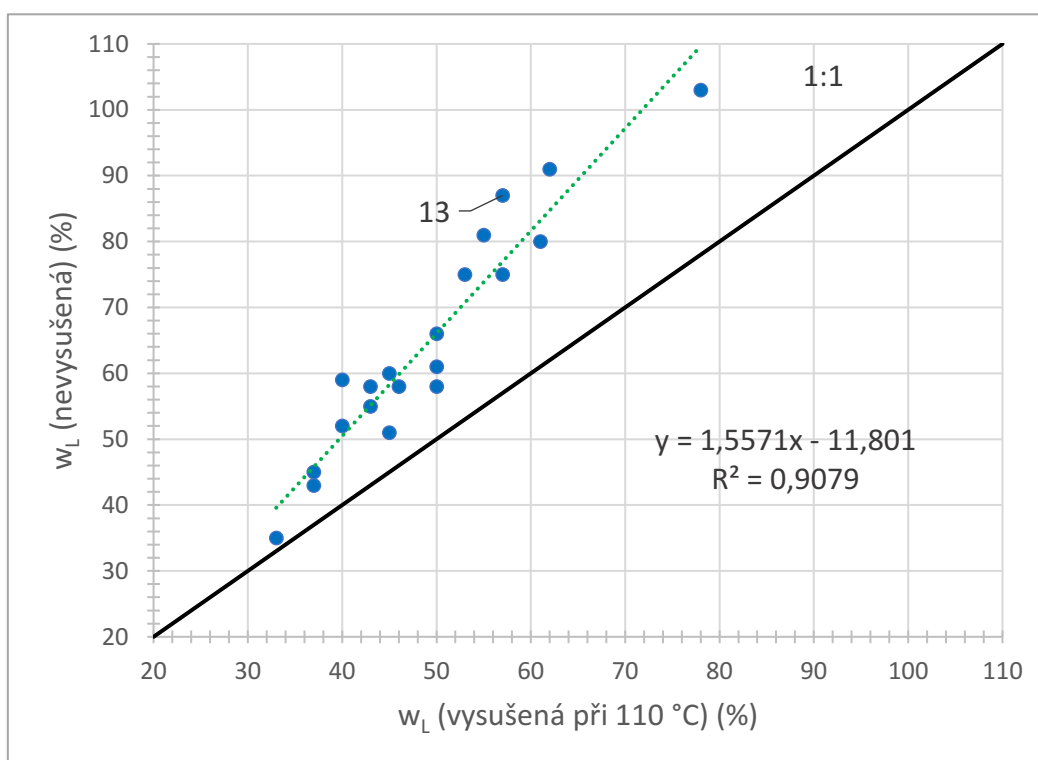
Vzorek	$w_L (110\text{ }^{\circ}\text{C}) (\%)$	$w_L (\text{nevysuš.}) (\%)$	$w_P (110\text{ }^{\circ}\text{C}) (\%)$	$w_P (\text{nevysuš.}) (\%)$
1	37	45	31	33
2	37	43	26	33
3	33	35	24	24
4	43	58	33	42
5	45	51	31	35
6	53	75	39	44
7	50	66	45	55
8	55	81	49	59
9	46	58	45	51
10	45	60	42	48
11	40	52	30	35
12	40	59	32	38
13	57	87	46	56
14	43	55	36	41
15	50	61	39	41
16	78	103	57	66
17	62	91	57	75
18	50	58	49	52
19	57	75	47	57
20	61	80	54	63

Tabulka 8: Atterbergovy meze, vzorky nevysušené a vysušené při 110 °C (Huvaj, 2018)

Na Obrázku 13 jsou zaznamenány výsledné hodnoty vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného vzorku a vlhkosti na mezi tekutosti nevysušeného vzorku ze studie Huvaj (2018), kde na ose X je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti vysušená a na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti nevysušená. Všechny zobrazené body leží nad černou čarou ($X=Y$), což znamená, že vlhkost na mezi tekutosti nevysušená má větší výsledné hodnoty než vlhkost na mezi tekutosti vysušená ($w_{L,vys}/w_{L,nevys} < 1$). U této studie lze navíc vyčíst v grafickém zobrazení trend s relativně vysokou spolehlivostí ($R^2 = 0,9079$), který je dán rovnicí:

$$w_{L,nevys} = 1,5571 \cdot w_{L,vys} - 11,801 \quad (5.1)$$

Maximální změna vyjádřená poměrem $w_{L,vys}/w_{L,nevys}$ je u vzorku č. 13. Tady došlo k největšímu snížení $w_{L,vys}$ oproti $w_{L,nevys}$ o 34,48 %.



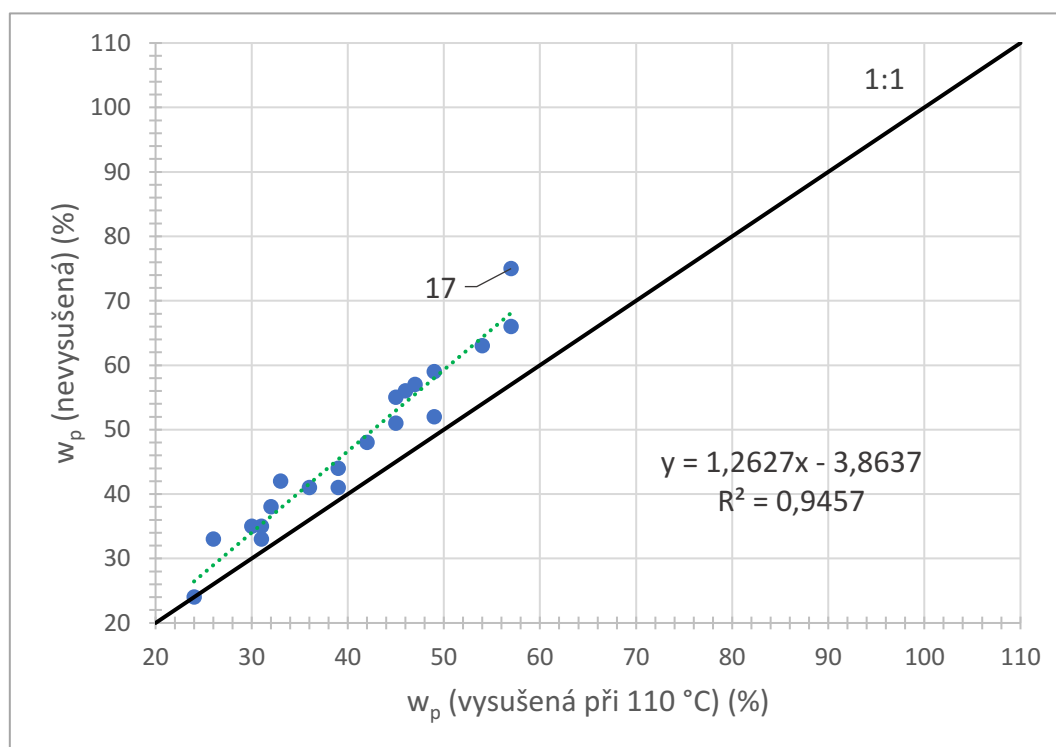
Obrázek 13: Porovnání vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Huvaj, 2018)

V grafu na Obrázku 14 jsou znázorněny výsledné hodnoty vlhkosti na mezi plasticity vysušeného vzorku a vlhkosti na mezi plasticity nevysušeného vzorku. Na ose X je znázorněná vlhkost na mezi plasticity vysušená a na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi plasticity nevysušená. U vyhodnocení vlhkosti na mezi plasticity leží 19 bodů nad černou čarou ($X=Y$), což znamená, že vlhkost na mezi plasticity nevysušená má větší hodnoty než vlhkost na mezi plasticity vysušená ($w_{P,vys}/w_{P,nevys} < 1$). Jeden bod (vzorek č. 3) leží na čáře.

Grafické zobrazení trendu s relativně vysokou spolehlivostí u tohoto grafu je ($R^2 = 0,9457$) a dán rovnicí:

$$w_{P,nevys} = 1,2627 \cdot w_{P,vys} - 3,8637 \quad (5.2)$$

Maximální změna vyjádřená poměrem $w_{P,vys}/w_{P,nevys}$ je u vzorku č. 17. Tady došlo k největšímu snížení $w_{P,vys}$ oproti $w_{P,nevys}$ o 24,00 %.



Obrázek 14: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Huvaj, 2018)

5.3 Sridharan, 2000

Studie (Sridharan, 2000) popisuje chování a laboratorní zkoušení mořských jíly z oblasti Ariake v Japonsku (tzv. Ariake jíly). Tyto jíly jsou převážně tvořeny smektity, illity, kaolinity, vermikulity a chlority. Jejich poměrný obsah je však velice proměnlivý. To způsobuje značnou variabilitu jejich vlastností. Autor ve studii poukazuje mimo jiné na nezanedbatelný vliv přípravy vzorku zeminy na hodnoty Atterbergových mezí, ale také na zrnitost. Konzistenční meze byly stanoveny pro vzorek připravený (a) vysušením v sušičce, (b) vysychajícím na vzduchu, (c) tak, aby nedošlo ke snížení původní vlhkosti (tato data v bakalářské práci nejsou uvedena). Autor vyhodnocuje nejen Ariake jíly (a to z oblastí Kawazoe, Kubota, Isahaya, Fukudomi) (Tabulka 9), ale také mořské jíly z oblasti Cochin či „homoionizované“ montmorinolitické jíly (Tabulka 10).

Ariake jíly	Vlhkost na mezi tekutosti (%)		Vlhkost na mezi plasticity (%)		Index plasticity (%)	
	nevysušená	vysušená	nevysušená	vysušená	nevysušená	vysušená
Kawazoe	115,9	68,6	45,5	34,1	70,4	34,5
Kubota	68	57,5	25	24,4	43	33,1
Isahaya	169,5	90,1	54,4	49,4	115,1	40,7
Fukudomi	134,4	86,6	45	42,4	89,4	44,2

Tabulka 9: Vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity a index plasticity vysušených a nevysušených vzorků (Sridharan, 2000)

Typ zeminy	w_L (vys.) (%)	w_L (nevys.) (%)	w_P (vys.) (%)	w_P (nevys.) (%)
Bentonit sodný	361	360	50	51
Bentonit vápenatý	117	145	30,5	44,9
Bentonit hlinitý	66	137	44,5	72,1
Bentonit železitý	86	133	58,7	79
Montmorilonitová černá půda (Indie)	75	80	44,5	38,5
Montmorilonitová černá půda ošetřena Al-3	45	67	34,6	50,9

Tabulka 10: Meze tekutosti a plasticity homoionizovaných bentonitů a montmorilonitů (Sridharan, 2000)

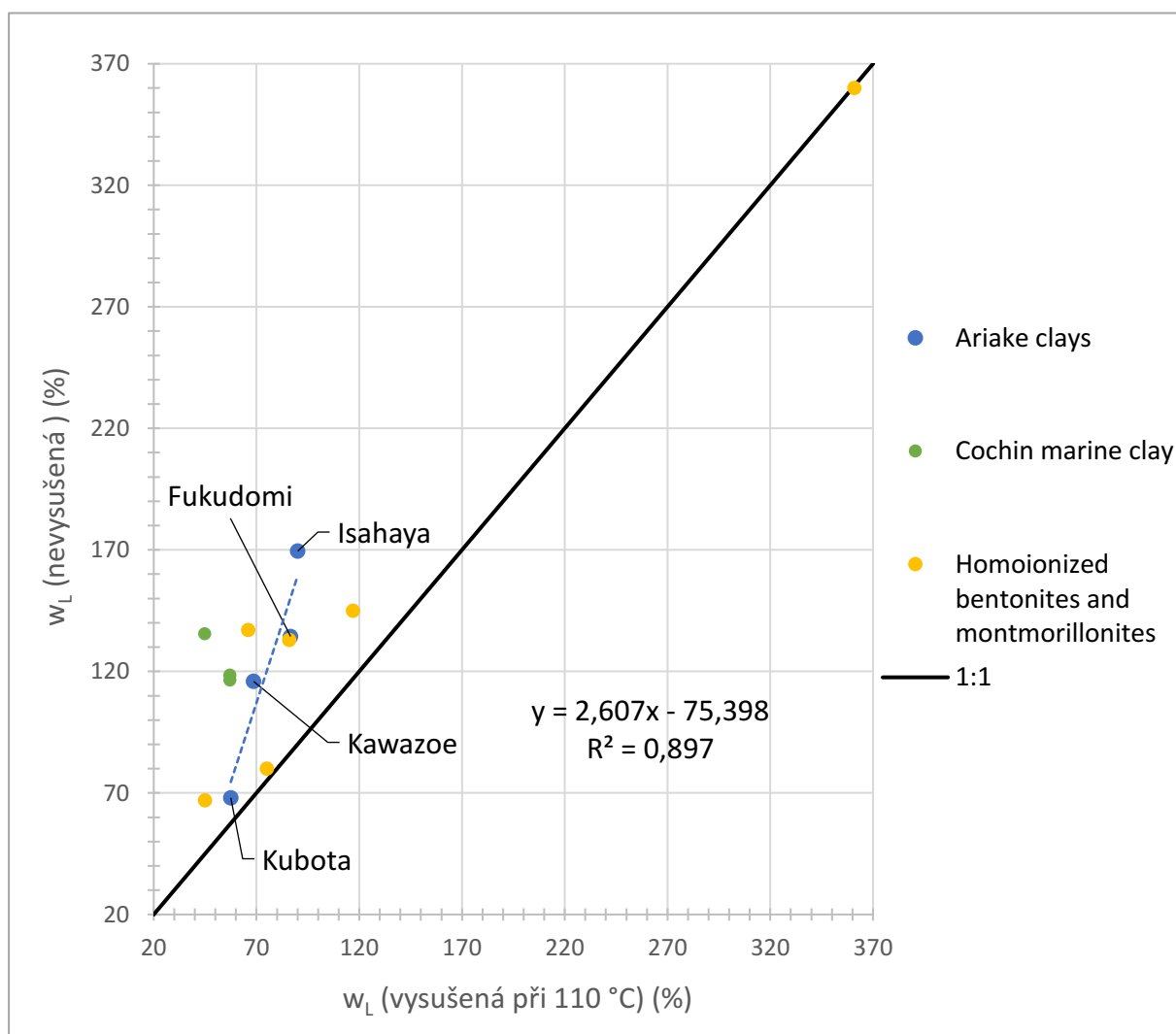
Ve dvou dále zobrazených grafech (Obrázek 15 a 16) jsou porovnány Ariake jíly, Cochin jíly a homoionizované bentonity a montmorilonity s ohledem na vlhkost na mezi plasticity vysušenou a nevysušenou, tak i na vlhkost na mezi tekutosti vysušenou a nevysušenou.

Cochin jíly a homoionizované bentonity a montmorilonity nejsou zahrnuty v závěrečné analýze (Tabulka 17).

V grafu (Obrázek 15) je na ose Y znázorněná vlhkost na mezi tekutosti nevysušená a na ose X je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti vysušená. U meze tekutosti všechny body nad černou čarou ($X=Y$), což znamená, že mez tekutosti nevysušená má větší hodnoty než mez tekutosti vysušená ($w_{L,vys}/w_{L,nevys} < 1$). Maximální změna vyjádřena poměrem $w_{L,vys}/w_{L,nevys}$ je u vzorku Isahaya. Zde došlo ke snížení $w_{L,vys}$ oproti $w_{L,nevys}$ o 46,84 % (bereme-li v úvahu pouze Ariake jíly).

U grafu na Obrázku 15 je v grafickém zobrazení trend u Ariake jílu ($R^2 = 0,897$) dán rovnicí:

$$w_{L,nevys} = 2,607 \cdot w_{L,vys} - 75,398 \quad (5.3)$$

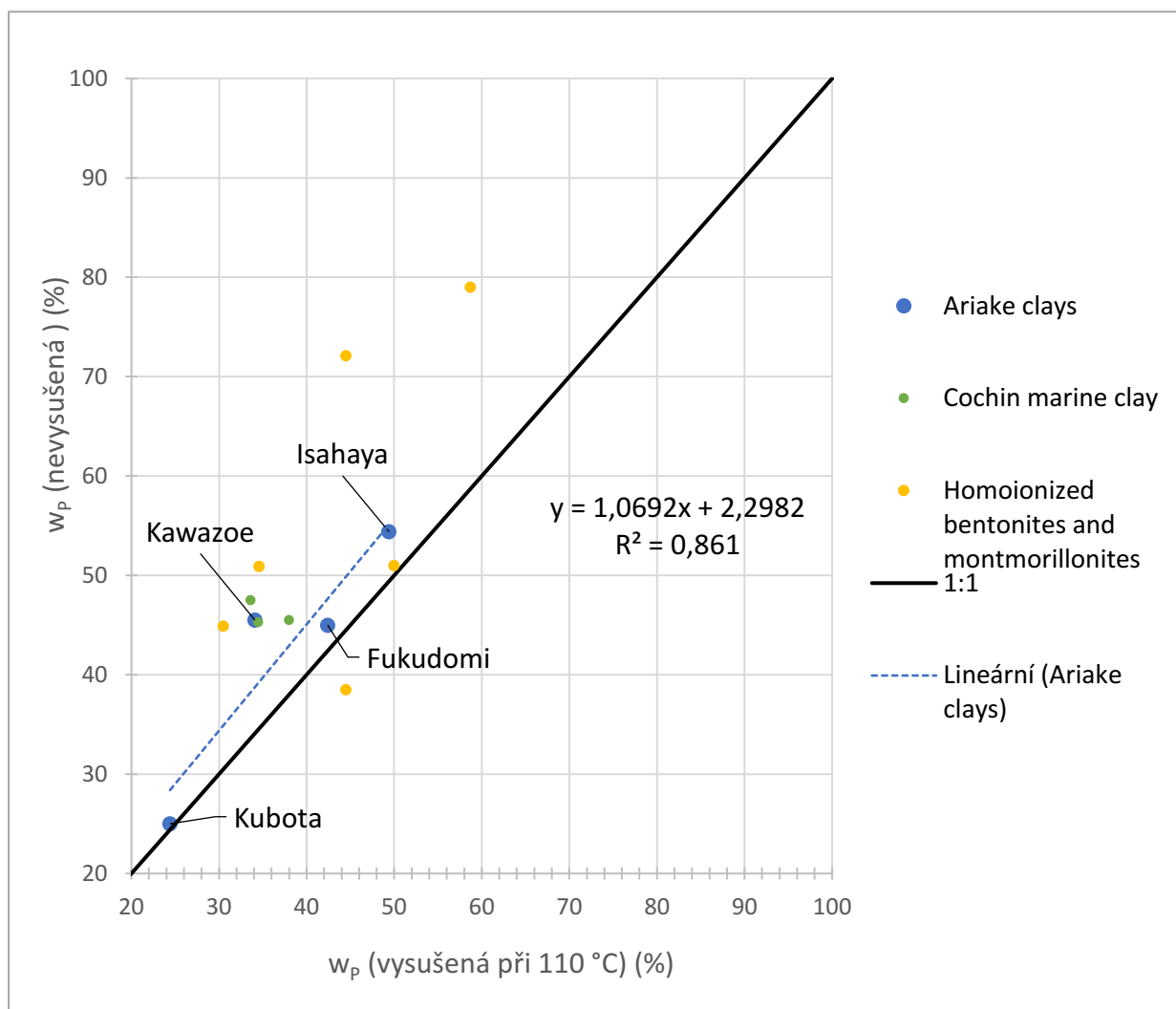


Obrázek 15: Porovnání vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Sridharan, 2000)

V grafu na Obrázku 16 je na ose X znázorněná vlhkost na mezi plasticity vysušená a na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi plasticity nevysušená. U meze plasticity vidíme až na jeden bod všechny nad černou čarou ($X=Y$), což znamená, že mez plasticity nevysušená má větší hodnoty než mez plasticity vysušená ($w_{P,vys}/w_{P,nevys} < 1$). Maximální změna vyjádřena poměrem $w_{P,vys}/w_{P,nevys}$ je u vzorku Kawazoe. Zde došlo ke snížení $w_{P,vys}$ oproti $w_{P,nevys}$ o 25,05 %.

Grafické zobrazení trendu u tohoto grafu u Ariake jílu je ($R^2 = 0,861$) dán rovnicí:

$$w_{L,nevys} = 1,0692 \cdot w_{L,vys} + 2,2982 \quad (5.4)$$

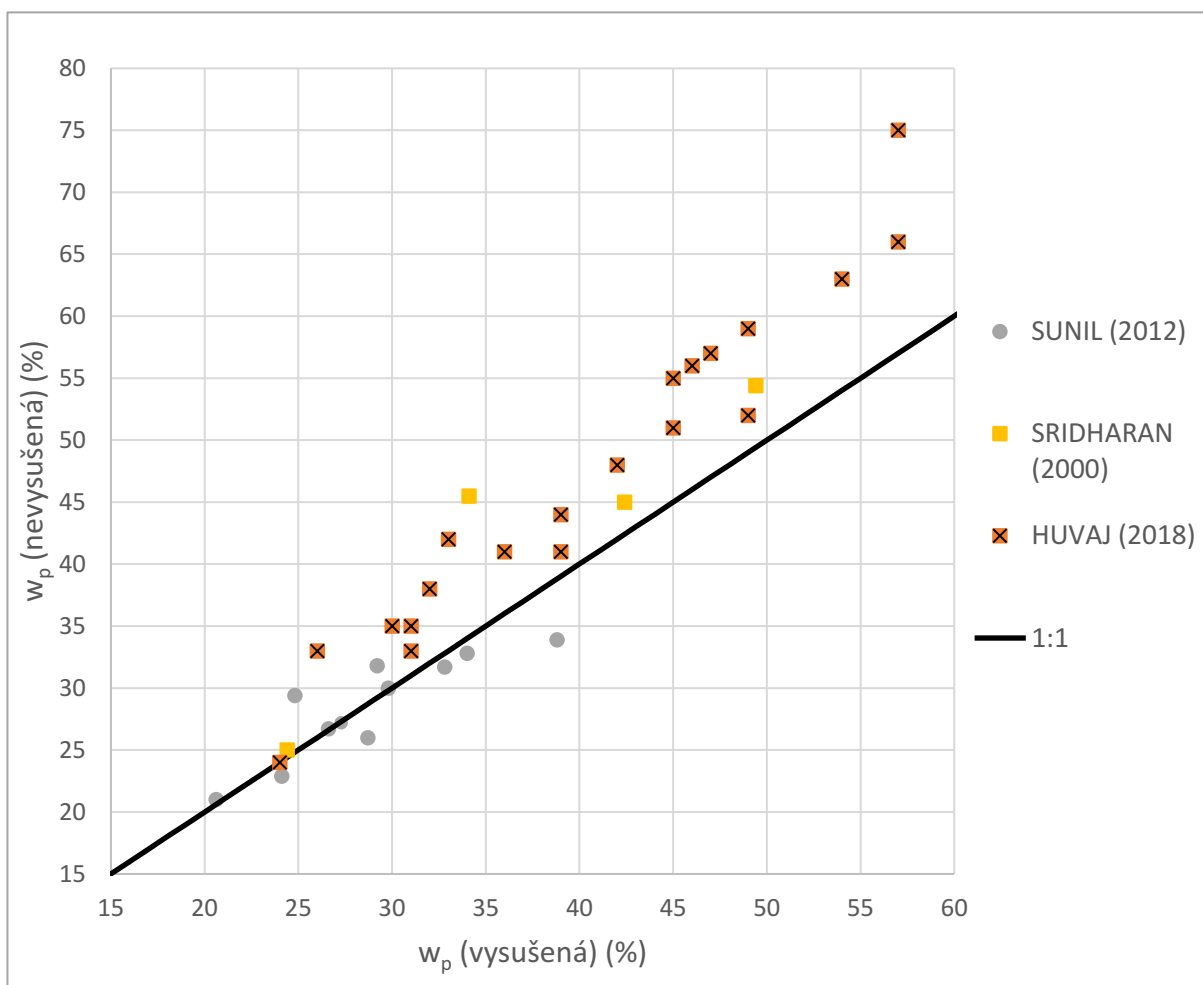


Obrázek 16: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Sridharan, 2000)

5.4 Shrnutí studií Sunil, Huvaj, Shridharan

Tři výše uvedené studie popisují vliv přípravy vzorků na vlhkost na mezi plasticity a vlhkost na mezi tekutosti z různých oblastí světa (Turecka, západní Indie a Japonska), které se nachází v tropických a subtropických oblastech. Ze studií (Sunil, 2012), (Huvaj, 2018) i (Sridharan, 2000) bylo zjištěno, že způsob přípravy vzorků má vliv na Atterbergovy meze (vlhkost na mezi plasticity a vlhkost na mezi tekutosti). Sunil (2012), Huvaj (2018), Shridharan (2000) se ve svých studiích shodují na tom, že hodnoty vlhkosti na mezi plasticity nevysušených vzorků jsou zpravidla větší (u 30 vzorků z 35), než hodnoty vlhkosti na mezi plasticity vysušených vzorků. To znamená, že vlhkost na mezi plasticity (viz. Obrázek 17) prokazatelně ovlivňuje způsob přípravy vzorku.

Mou snahou v této práci bylo zjistit a stanovit, zda způsob přípravy a vysoušení vzorků ovlivní výsledné hodnoty laboratorních zkoušek u zemin pocházejících z Moravskoslezského kraje.



Obrázek 17 Výsledky studií (Sunil, 2012), (Huvaj, 2018), (Sridharan, 2000) vlhkosti na mezi plasticity (zdroj autor)

V Tabulce 11 jsou zaznamenány výsledky ze tří předchozích studií Sunila (2012), Huvaje (2018) a Shridharana (2000), kde je také uveden počet vzorků a typ zemin. V pátém řádku Tabulky 11 vidíme průměrný poměr mezi vlhkostí na mezi plasticity vysušeného vzorku a vlhkostí na mezi plasticity nevysušeného vzorku. U studie Huvaj (2018) vyšla nejnižší shoda mezi vlhkostí na mezi plasticity nevysušenou a vlhkostí na mezi plasticity vysušenou ze všech třech studií, jelikož průměrný poměr je nevzdálenější hodnotě 1. U meze tekutosti vychází nejmenší shoda ve výsledcích ve studii Sridharana (2000). U Sunila (2012) vyšla nejvyšší shoda mezi vlhkostí na mezi plasticity a vlhkostí na mezi tekutosti, jelikož se hodnoty v obou případech pohybují blízko hodnoty 1. Z těchto výsledků je zřejmé, že vlhkost na mezi tekutosti je citlivější na způsob přípravy vzorků než vlhkost na mezi plasticity, protože průměrný poměr u vlhkosti na mezi tekutosti je menší u všech třech studií než vlhkost na mezi plasticity.

Studie	Huvaj (2018)	Sunil (2012)	Sridharan (2000)
Počet vzorků	20	11	4
Typ zemin	mořské jíly	lateritické půdy	pyroklastické půdy
Průměr wP_vysuš/wP_nevysuš	0,86	1,01	0,89
Max. odchylka	0,24	0,16	0,25
Prům. odchylka	0,05	0,06	0,07
Průměr wL_vysuš/wL_nevysuš	0,77	0,91	0,65
Max. odchylka	0,34	0,24	0,47
Prům. odchylka	0,06	0,05	0,1

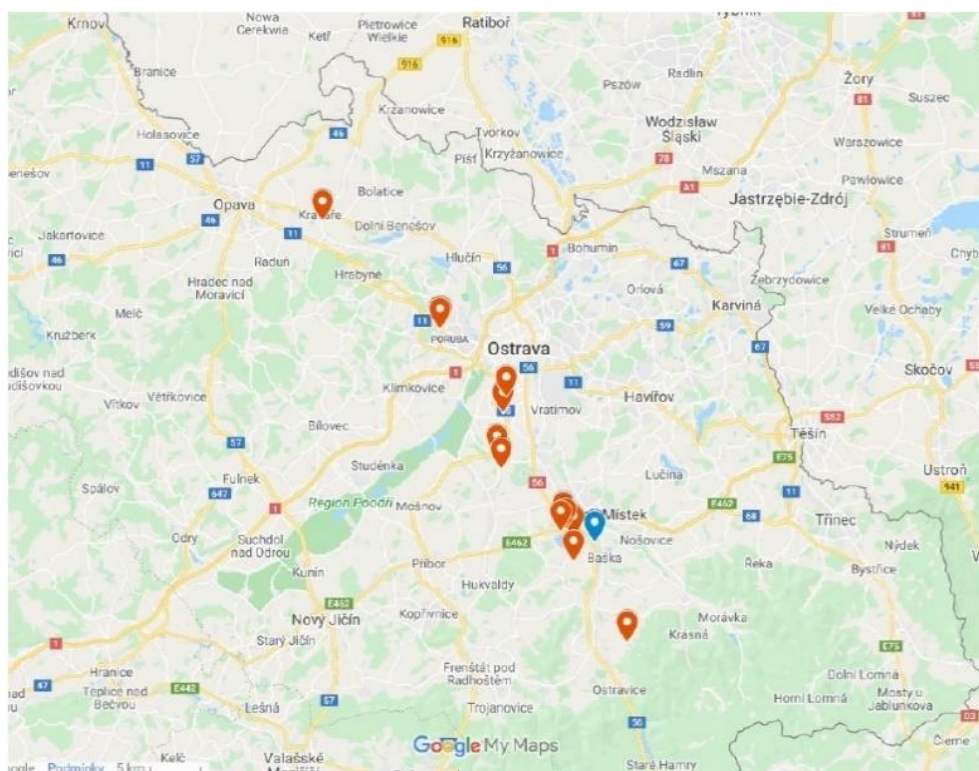
Tabulka 11: Analýza výsledků studií (Sunila, 2012), (Huvaje, 2018), (Shridharana, 2000) (zdroj autor)

6 Laboratorní práce

6.1 Popis a odběr zemin

Vzorky zemin byly odebrány ze tří lokalit Moravskoslezského kraje – Ostrava-město, Opava a Frýdek-Místek, viz. Obrázek 18, odběr probíhal od dubna 2019 do konce září 2019. Celkem bylo testováno 20 zemin (Čechová, 2020).

Tyto vzorky byly odebrány Veronikou Čechovou (Čechová, 2020) a Lukášem Lackovičem (Lackovič, 2020).



Obrázek 18: Mapa míst odběrů vzorků (Čechová, 2020)

Hloubka odběru vzorků se pohybovala v rozmezí 1 až 3 metry z důvodu minimalizování přítomnosti organické příměsi. U žádného z odebraných vzorků nebyla zjištěna organická příměs. Mineralogické složení nebylo stanoveno. Jednotlivé zeminy jsou blíže specifikované v Tabulce 12, kde je pro každou zeminu uvedeno procentuální zastoupení jednotlivých frakcí a měrná hmotnost. (Čechová, 2020)

Vzorek	<i>c</i> (%)	<i>m</i> (%)	<i>f</i> (%)	<i>s</i> (%)	<i>g</i> (%)	ρ_s (g/cm ³)
LV-01	20,5	73,4	93,9	6,1	0	2,716
LV-02	30,5	66,6	97,1	2,6	0,3	2,728
LV-03	17,2	54,8	72	27,4	0,6	2,689
LV-04			80,3	19,2	0,5	2,705
LV-05	26,3	67,7	93,9	5,8	0,3	2,706
LV-06			96,8	2,9	0,3	2,78
LV-07	19,5	54,2	73,7	26,1	0,2	2,77
LV-08	18,6	53,7	72,3	24,6	3,1	2,75
LV-09	23,7	50	73,7	20	6,3	2,415
LV-10	35,5	45,3	80,8	18,7	0,5	2,34
LV-11	24,8	72,3	97,1	2,9	0	2,738
LV-12	29,3	64,9	94,2	5,8	0	2,727
LV-13	16,7	73,2	89,9	9,4	0,7	2,714
LV-14	30,9	65,5	96,5	3,4	0,1	2,711
LV-15	27,3	63,9	91,2	8,8	0	2,668
LV-16	24,8	67,6	92,4	7,4	0,2	2,718
LV-17	26,6	71,4	98	1,9	0,1	2,739
LV-18	39,1	36,6	75,7	18,2	6,1	2,768
LV-19	24	65,1	89,1	10,6	0,3	2,724
LV-20	19,3	68,8	88,1	11,5	0,4	2,705

Tabulka 12: Procentuální zastoupení zrnitostních frakcí a měrné hmotnosti zkoušených vzorků zemin (Čechová, 2020)

6.2 Mokrá a suchý způsob přípravy vzorku

Vzorky zemin byly zpracovány dvojím způsobem, a to mokrou cestou (tzv. nevysušený vzorek) a suchou cestou (tzv. vysušený vzorek). Norma (ČSN EN ISO 17892-12, 2018) doporučuje zkoušet zeminy předem nevysušené, tzn. připravené mokrou cestou.

Vzorek připravovaný mokrou cestou (v ideálním případě se pracuje se vzorkem zeminy se zachovanou původní vlhkostí) spočívá ve smíchání s destilovanou vodou, vytvoření zeminové pasty (Obrázek 19) a propasírování přes síto 0,425 mm (Obrázek 20) (v práci použito síto 0,4 mm). Takto připravená zemina se použije ke stanovení vlhkosti na mezi tekutosti a v mé studii ke stanovení vlhkosti na mezi plasticity. (Čechová, 2020)

Příprava vzorku suchou cestou spočívá v jeho vysušení při 105 °C, rozmělnění, prosetí přes síto 0,4 mm a smíchání s destilovanou vodou. (Čechová, 2020).

Podrobnější popis přípravy vzorku je k nalezení v práci Čechové (2020).



Obrázek 19: Příprava vzorku mokrou cestou
(Čechová, 2020)



Obrázek 20: Příprava vzorku suchou cestou
(Čechová, 2020)

6.3 Vlhkost na mezi tekutosti (Čechová, 2020)

Výsledky laboratorních zkoušek pro stanovení vlhkosti na mezi tekutosti na 20 vzorcích zemin připravených jak mokrou, tak suchou cestou uvádí ve své práci Čechová (2020). Tyto výsledky jsou přehledně rekapitulovány v Tabulce 13 a grafu na Obrázku 21. Mez tekutosti byla stanovena pomocí kuželové zkoušky (80 g kužel s vrcholovým úhlem 30°). Vlhkost na mezi tekutosti odpovídá penetraci 20 mm tohoto kužele do vzorku zeminy. Kužel se nechal penetrovat do konkrétní zeminy vždy pro 5 různých vlhkostí. Každý vzorek zeminy se po přidání vody (tedy po změně vlhkosti) nechal odpočívat po dobu 24 hodin. Stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou na jednom vzorku zeminy tedy trval 5 dní (tento údaj nezahrnuje dobu přípravy zeminové pasty). (Čechová, 2020)

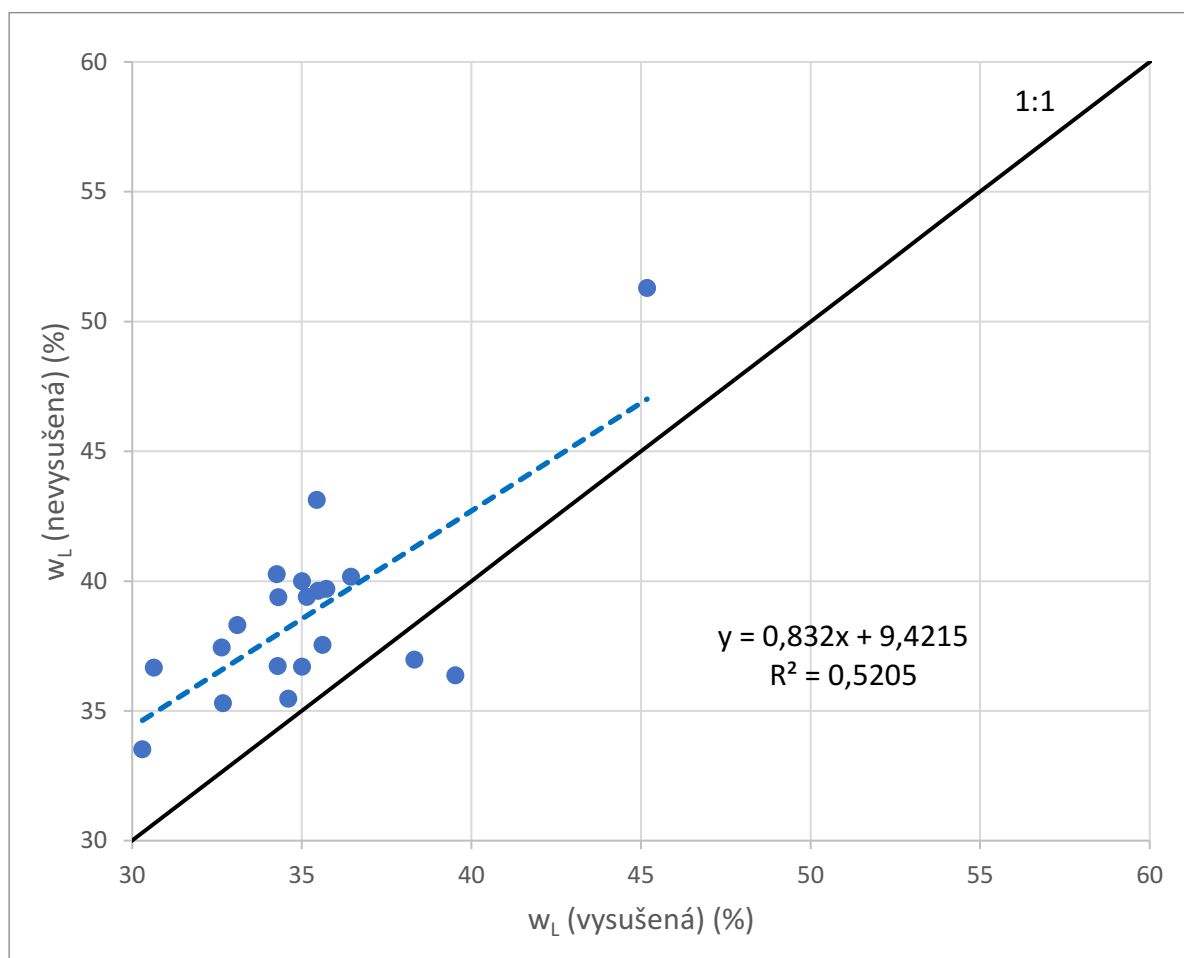
Vzorek	w_{L_vys} (%)	w_{L_nevys} (%)	w_{L_vys}/w_{L_nevys}	w_{L_nevys}/w_{L_vys}
LV-01	39,53	36,37	1,09	0,92
LV-02	45,18	51,29	0,88	1,14
LV-03	30,30	33,52	0,90	1,11
LV-04	35,01	36,70	0,95	1,05
LV-05	35,15	39,39	0,89	1,12
LV-06	35,01	39,99	0,88	1,14
LV-07	30,64	36,66	0,84	1,20
LV-08	32,64	37,44	0,87	1,15
LV-09	35,48	39,63	0,90	1,12
LV-10	36,45	40,17	0,91	1,10
LV-11	38,32	36,97	1,04	0,96
LV-12	35,61	37,54	0,95	1,05
LV-13	33,10	38,30	0,86	1,16
LV-14	32,68	35,29	0,93	1,08
LV-15	34,60	35,47	0,98	1,03
LV-16	34,26	40,27	0,85	1,18
LV-17	34,29	36,72	0,93	1,07
LV-18	35,44	43,13	0,82	1,22
LV-19	35,72	39,70	0,90	1,11
LV-20	34,31	39,38	0,87	1,15

Tabulka 13: Výsledky vlhkosti na mezi tekutosti vysušené a nevysušené (Čechová, 2020)

V grafu na Obrázku 21 jsou zaznamenány výsledné hodnoty vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného vzorku a vlhkosti na mezi tekutosti nevysušeného vzorku ze studie Čechová (2020), kde na ose X je znázorněná vlhkost na mezi tekutosti vysušená a na ose Y vlhkost na mezi tekutosti nevysušená. Pouze dva body (vzorky LV-01 a LV-11) leží pod černou čarou ($X=Y$). Všechny ostatní vzorky znázorněné v grafu leží nad černou čarou, což znamená, že vlhkost na mezi tekutosti připravených vzorků suchou cestou má menší hodnoty než vzorky vlhkosti na mezi tekutosti připravených mokrou cestou ($w_{L,vys}/w_{L,nevys} < 1$) (Čechová, 2020).

U studie slečny Čechové (2020) lze navíc vyčíst v grafickém zobrazení trend s relativně ní spolehlivostí ($R^2 = 0,5205$), který je dán rovnicí:

$$w_{L,nevys} = 0,832 \cdot w_{L,vys} + 9,4215 \quad (6.1)$$



Obrázek 21: Porovnání vlhkostí na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Čechová, 2020)

6.4 Vlhkost na mezi plasticity – laboratorní měření

Pro dobré provedení zkoušky je důležitá příprava pomůcek (váha, váženky, vzorky zemin, destička na určení průměru válečku, váleci deska, laboratorní protokol) určených ke stanovení vlhkosti na mezi plasticity – viz. (Obrázek 22, 23 a 24).



Obrázek 22: Geotechnická laboratoř FAST, váhy (zdroj autor)



Obrázek 23: Geotechnická laboratoř FAST, destička pro určování průměru válečku zeminy (zdroj autor)



Obrázek 24: Geotechnická laboratoř FAST, označené váženky (zdroj autor)

K dispozici jsem měla už předem připravené vzorky zemin v plastových krabičkách od slečny Veroniky Čechové (Obrázek 25). Vzorky zemin byly příliš vysušené, jelikož se odebíraly před rokem a půl. Proto byla potřeba přidat destilovanou vodu, promíchat špachtlí a počkat 24 hodin, aby zemina dostatečně nasákla destilovanou vodu a vznikla zeminová pasta. (Pozn.: U vysoce plastických zemin se doporučuje odpočinek mezi jednotlivými měřeními prodloužit až na 24 hodin. (ČSN EN ISO 17892-12 (listopad 2018); odstavec 5.2.10))



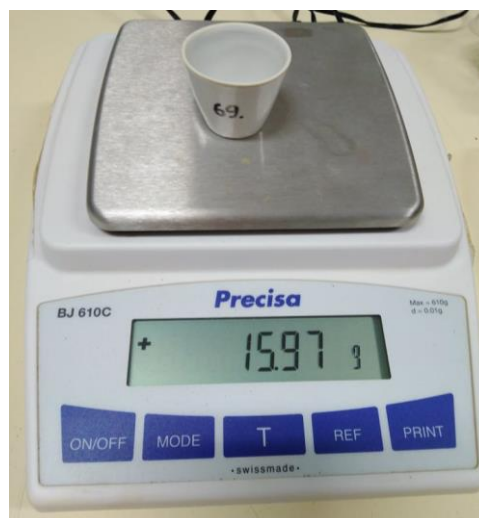
Obrázek 25: Geotechnická laboratoř FAST, vzorek LV-12 (zdroj autor)

Dalším nezbytným krokem je označení a vážení jednotlivých váženek, hmotnosti a označení váženek jsou poté zaznamenány do laboratorního protokolu

Stanovení meze plasticity válečkovou zkouškou (Obrázek 26) bylo provedeno na všech vzorcích zemin v souladu s normou dle ČSN EN ISO 17892-12 (listopad 2018), Viz. kapitola 4.2.



Obrázek 26: Geotechnická laboratoř FAST, váleček zeminy o průměru 3 mm (zdroj autor)



Obrázek 27: Geotechnická laboratoř FAST, vážení vzorku zeminy (zdroj autor)

Válečková zkouška byla na každém vzorku provedena dvanáctkrát (norma doporučuje dvakrát). Vzorky zemin byly průběžně váženy (Obrázek 27) a následovně se vysušily v sušičce při 105 °C po dobu 24 hodin. Po vysušení (Obrázek 28) se vzorky opětovně zvážily a byl proveden zápis do laboratorního protokolu. V případě nečinnosti v průběhu zkoušek, byla zemina přikryta odpařovací miskou nebo vlhkým hadříkem, aby se zabránilo vysušování.



Obrázek 28: Geotechnická laboratoř FAST, vysušený vzorek (zdroj autor)

Každý z 20 vzorků zeminy (popis zemin v Tabulce 13 a 14) byl připraven dvojím způsobem – mokrým a suchým, resp. nevysušeným a vysušeným způsobem. Tzn., že vzorků bylo celkem 40. Na každém z těchto 40 připravených vzorků zemin byla 12x provedena zkouška pro stanovení meze plasticity, což ve výsledku dalo 480 měření, které jsem zaznamenala v laboratorním protokolu. Viz Obrázek 29.

V laboratorním protokolu na Obrázku 29 je zaznamenám celý proces 24 zkoušek vlhkosti na mezi plasticity na vzorku LV-01. Na obrázku jsou vyobrazeny dvě tabulky vzorku LV-01, první pro vysušený vzorek, druhá pro nevysušený vzorek. Záznamy zkoušek zbývajících vzorků jsou uvedeny v Příloze.

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA												
VZOREK:						LV - 01						
ZPŮSOB PŘÍPRAVY						VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	T	A8	J	A2	A3	D	B3	A5	B5	B	U	B4
hmotnost váženky (g)	14,77	15,03	13,35	14,47	14,14	14,17	14,16	15,2	14,31	14,53	13,31	12,96
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,83	18,16	16,99	17,9	17,86	18,09	17,27	18,86	17,7	17,94	17,12	16,35
váženka + suchá zemina	17,34	17,66	16,4	17,37	17,27	17,46	16,78	18,26	17,14	17,4	16,5	15,8
vlhkost (%)	19,07	19,01	19,34	18,28	18,85	19,15	18,70	19,61	19,79	18,82	19,44	19,37
eliminace chyb měření	19,07	19,01	19,34	18,28	18,85	19,15	18,70	19,61	19,79	18,82	19,44	19,37
ZPŮSOB PŘÍPRAVY						NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A4	Z	G	O	A	W	L	V	S	N	F	I
hmotnost váženky (g)	14,03	14,6	13,94	14,34	15,39	14,84	14,12	14,94	14,42	15,44	14,03	13,5
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,38	18,73	18,05	17,49	18,77	17,88	17,54	18,14	17,57	18,79	17,57	16,63
váženka + suchá zemina	16,82	18,07	17,36	16,98	18,23	17,4	17	17,64	17,05	18,26	17,02	16,15
vlhkost (%)	20,07	19,02	20,18	19,32	19,01	18,75	18,75	18,52	19,77	18,79	18,39	18,11
eliminace chyb měření	20,07	19,02	20,18	19,32	19,01	18,75	18,75	18,52	19,77	18,79	18,39	18,11
VYSUŠENÝ						wP_ vys (%)			19,118			
NEVYSUŠENÝ						wP_ nevys (%)			19,058			

Obrázek 29: Laboratorní protokoly vzorku LV-01 (zdroj autor)

Eliminace chyb měření: zužuje výběr naměřených hodnot. Objeví-li se pole s nápisem „NE“ na řádce eliminace chyb měření, znamená to, že výsledná hodnota se nenachází v intervalu horní a spodní meze viz kapitola 6.4.1.

6.4.1 Statistické vyhodnocení

Zkouška stanovení meze plasticity je silně závislá na zkušenosti laboranta, který provádí zkoušku. Protože jsem s laboratorní zkouškou doposud neměla dostatečné zkušenosti, rozhodla jsem se provést válečkovou zkoušku na každém vzorku 12x a následně vyloučit případnou chybu měření vhodně zvolenou statistickou metodou. Na Obrázku 30 je ve dvou tabulkách znázorněný vzorek LV-02 (připraven mokrou i suchou cestou), a k tomu statistické vyhodnocení.

VLHKOST A MEZI PLASTICTIY - VÁLEČKOVÁ METODA												
VZOREK:					LV - 02							
ZPŮSOB PŘÍPRAVY					VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	H	B2	A9	C	X	Q	A7	M	Y	R	K	B
hmotnost váženky (g)	15,06	14,85	14,84	13,28	12,87	14,88	14,42	14,84	13,98	14,53	15	14,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,97	18,49	18,12	16,99	15,98	18,09	17,82	17,86	18,15	18,12	18,12	18,1
váženka + suchá zemina	18,22	17,78	17,5	16,35	15,44	17,48	17,22	17,33	17,35	17,46	17,55	17,39
vlhkost (%)	23,73	24,23	23,31	20,85	21,01	23,46	21,43	21,29	23,74	22,53	22,35	24,83
eliminace chyb měření	23,73	24,23	23,31	20,85	21,01	23,46	21,43	21,29	23,74	22,53	22,35	24,83
PRŮMĚR	22,729											
QUARTILY	SPODNÍ		HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ		
	21,321		23,738		2,417		17,696			27,363		
ZPŮSOB PŘÍPRAVY					NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A8	A3	D	A5	T	A2	B4	B5	Z	B1	B3	J
hmotnost váženky (g)	15,05	14,15	14,18	15,13	14,77	14,5	12,96	14,31	13,31	14,16	14,17	13,36
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,25	17,57	17,53	18,35	18,67	17,59	16,11	17,72	16,8	17,46	17,36	16,9
váženka + suchá zemina	17,61	16,91	16,9	17,74	17,9	17,01	15,53	17,08	16,12	16,83	16,74	16,22
vlhkost (%)	25,00	23,91	23,16	23,37	24,60	23,11	22,57	23,10	24,20	23,60	24,12	23,78
eliminace chyb měření	25,00	23,91	23,16	23,37	24,60	23,11	22,57	23,10	24,20	23,60	24,12	23,78
PRŮMĚR	23,710											
QUARTILY	SPODNÍ		HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ		
	23,121		24,181		1,059		21,532			25,770		
VYSUŠENÝ					wP_ vys (%)				22,729			
NEVYSUŠENÝ					wP_ nevys (%)				23,710			

Obrázek 30: Laboratorní protokoly vzorku LV-02 a statistické vyhodnocení (zdroj autor)

Kvartily patří do výběrové skupiny kvantilů a dělíme je na (Jarošová, 2010):

- **Dolní kvartil** $x_{0,25} = 25$ %-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že 25 % hodnot je menších než tento kvartil a zbytek, tj. 75 % větších (nebo rovných))
- **Medián** $x_{0,5} = 50$ %-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že polovina (50 %) hodnot je menších než medián a polovina (50 %) hodnot větších (nebo rovných))
- **Horní kvartil** $x_{0,75} = 75$ %-ní kvantil (rozděluje datový soubor tak, že 75 % hodnot je menších než tento kvartil a zbytek, tj. 25 % větších (nebo rovných))

Nadále se ve statickém vyhodnocení nachází IQR (kvartilové rozpětí), které je definováno jako vzdálenost mezi horním a dolním kvartilem:

$$IQR = x_{0,75} - x_{0,25} \quad (6.2)$$

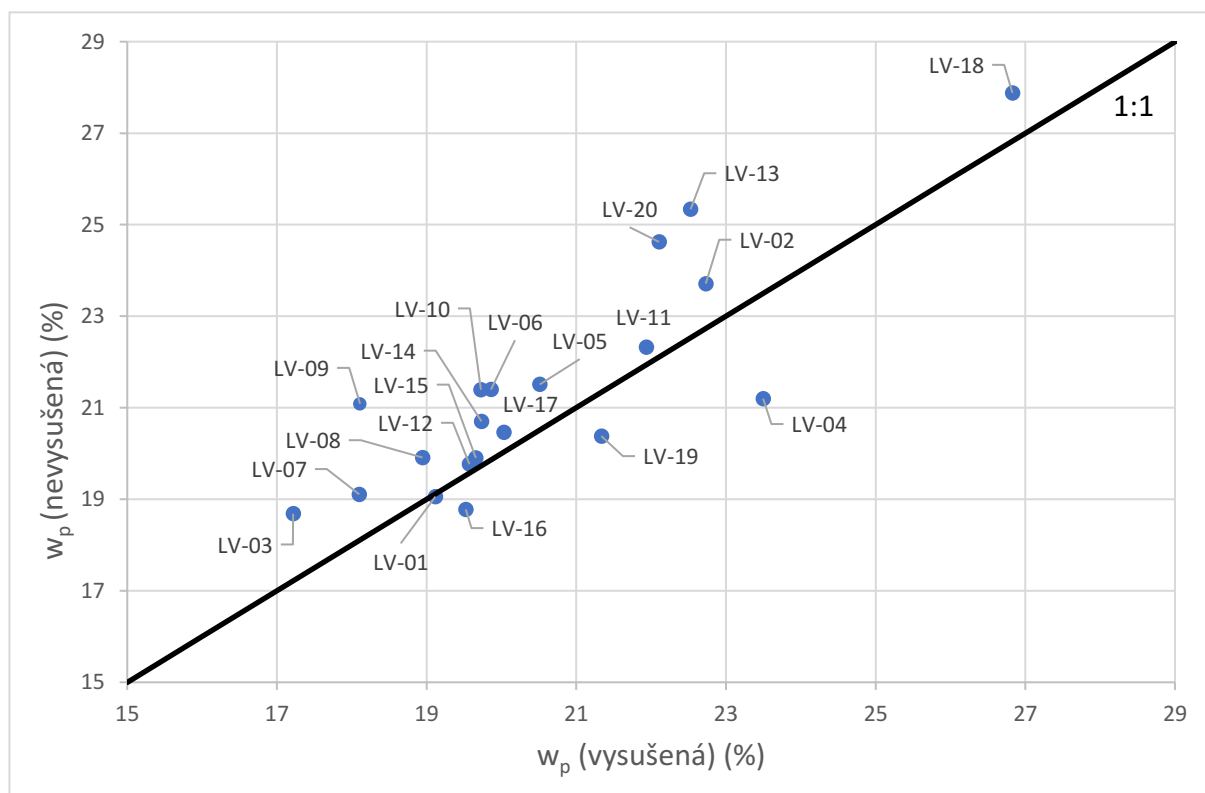
Dolní mez (A) a horní mez (B) dat, které leží mimo definované meze, můžeme považovat za chybnou hodnotu. (Jarošová, 2010)

$$A = x_{0,25} - 1,5IQR \quad (6.3)$$

$$B = x_{0,75} + 1,5IQR \quad (6.4)$$

6.4.2 Vyhodnocení zkoušky – vlhkost na mezi plasticity

Obrázek 31 a Tabulka 14 zobrazují vyhodnocení zkoušky vlhkosti na mezi plasticity vysušených vzorků a vlhkosti na mezi plasticity nevysušených vzorků LV-01 až LV-20 za použití válečkové metody. Na ose X je znázorněná vlhkost na mezi plasticity vysušená a na ose Y je znázorněná vlhkost na mezi plasticity nevysušená. Výsledné hodnoty laboratorní zkoušky poukázaly na to, že tři body (vzorky LV-04, LV-16, LV-19) z dvaceti leží pod černou čarou, což znamená, že vlhkost na mezi plasticity vysušená má větší výsledné hodnoty než vlhkost na mezi plasticity nevysušená. Pouze jeden bod (vzorek LV-01) leží na černé čáře, jelikož podíl vlhkosti na mezi plasticity vysušené a vlhkosti na mezi plasticity nevysušené je rovno 1,00, což znamená, že vlhkost na mezi plasticity vysušená a vlhkost na mezi plasticity nevysušená se rovnají.



Obrázek 31: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (zdroj autor)

Protokoly z laboratorních zkoušek na všech 19 vzorcích připravených mokrou i suchou cestou jsou uvedeny v Příloze.

Výsledné hodnoty vlhkosti na mezi plasticity jsou zaznamenány v Tabulce 14.

VZOREK	w_p (vysušená) (%)	w_p (nevysušená) (%)	w_p (vys.) / w_p (nevys.)
LV-01	19,118	19,058	1,00
LV-02	22,729	23,710	0,96
LV-03	17,216	18,683	0,92
LV-04	23,496	21,198	1,11
LV-05	20,511	21,509	0,95
LV-06	19,860	21,398	0,93
LV-07	18,100	19,107	0,95
LV-08	18,944	19,912	0,95
LV-09	18,111	21,085	0,86
LV-10	19,726	21,393	0,92
LV-11	21,935	22,322	0,98
LV-12	19,572	19,768	0,99
LV-13	22,527	25,338	0,89
LV-14	19,732	20,703	0,95
LV-15	19,657	19,903	0,99
LV-16	19,523	18,779	1,04
LV-17	20,031	20,465	0,98
LV-18	26,828	27,881	0,96
LV-19	21,335	20,380	1,05
LV-20	22,105	24,625	0,90

Tabulka 14: Výsledné hodnoty mezi plasticity vzorků LV-01 až LV-20 vysušených a nevysušených (zdroj autor)

6.5 Index plasticity (číslo plasticity)

Určitá soudržná zemina má stále konzistenční meze. Stálý je také rozdíl mezi mezí tekutosti a mezí plasticity, tzv. index plasticity: (Šimek, 1990)

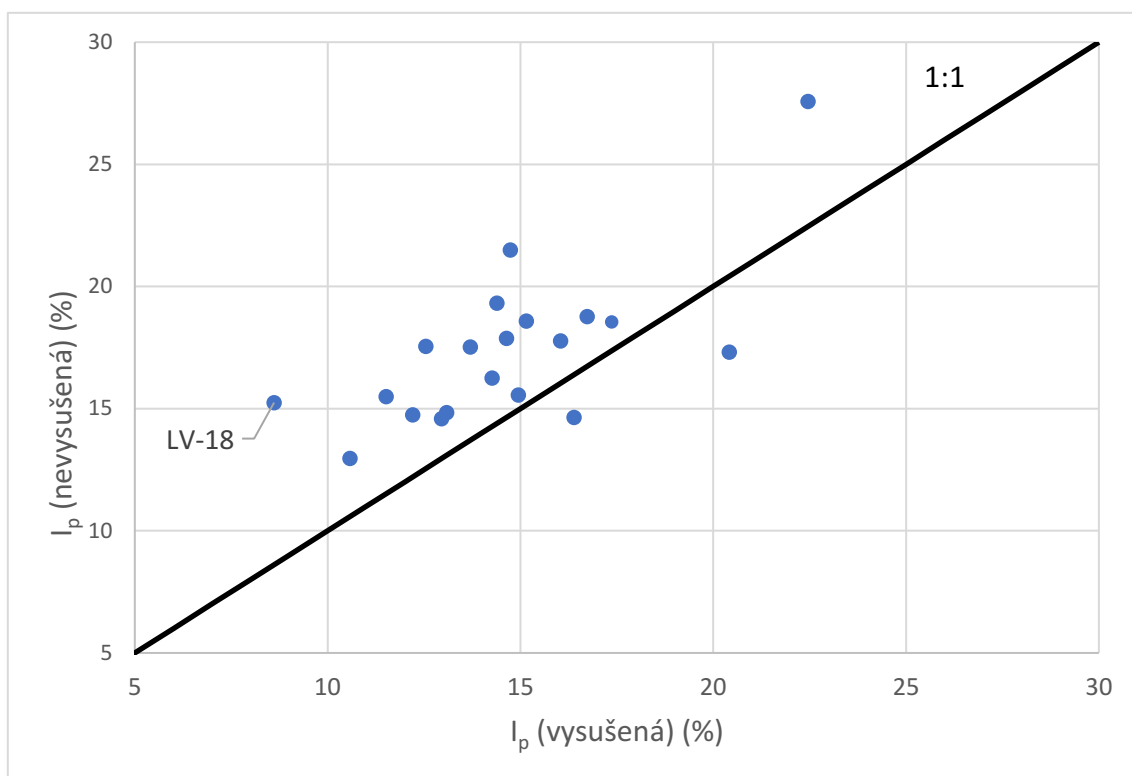
$$I_p = w_L - w_P \quad (6.5)$$

Kde I_p = index plasticity, w_L = vlhkost na mezi tekutosti, w_P = vlhkost na mezi plasticity

Pomocí výše zmíněného vzorce jsem určila ve své studii index plasticity (viz. Tabulka 15). Výsledné hodnoty jsou poté vloženy do grafu (Obrázek 32), kde osa X znázorňuje index plasticity vysušené zeminy a osa Y znázorňuje index plasticity nevysušené zeminy. Z grafu vyplývá, že příprava u všech vzorků zeminy má vliv na výsledné hodnoty I_p , jelikož leží mimo černou čáru. Maximální změna vyjádřená poměrem $I_{p,vys}/I_{p,nevys}$ byla zaznamenána u vzorku LV-18, a to o 44 %.

VZOREK	I_p (vysušená) (%)	I_p (nevysušená) (%)	I_p (vys.) / I_p (nevys.)
LV-01	20,412	17,312	1,18
LV-02	22,451	27,580	0,81
LV-03	13,084	14,837	0,88
LV-04	11,514	15,502	0,74
LV-05	14,639	17,881	0,82
LV-06	15,150	18,592	0,81
LV-07	12,540	17,553	0,71
LV-08	13,696	17,528	0,78
LV-09	17,369	18,545	0,94
LV-10	16,724	18,777	0,89
LV-11	16,385	14,648	1,12
LV-12	16,038	17,772	0,90
LV-13	10,573	12,962	0,82
LV-14	12,948	14,587	0,89
LV-15	14,943	15,567	0,96
LV-16	14,737	21,491	0,69
LV-17	14,259	16,255	0,88
LV-18	8,612	15,249	0,56
LV-19	14,385	19,320	0,74
LV-20	12,205	14,755	0,83

Tabulka 15: vyhodnocení indexu plasticity



Obrázek 32: Graf výsledných hodnot indexu plasticity

6.6 Aktivita jílu

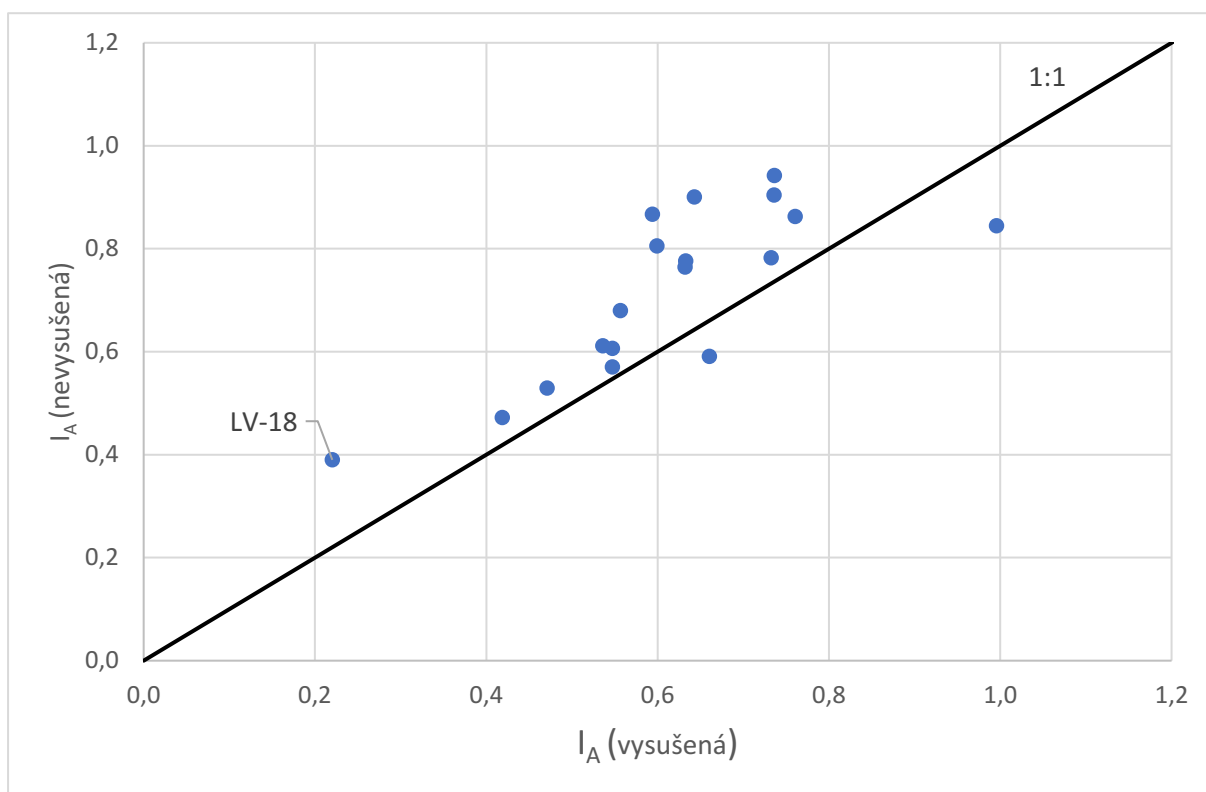
Aktivita jílu charakterizuje schopnost jílovité složky v zemině vázat vodu. (Šimek, 1990)

Dle vzorce (3.5) jsem určila aktivitu jílu viz. Tabulka 16 a Obrázek 33.

Vzorek	<i>c (%)</i>	<i>I_A (vysušená)</i>	<i>I_A (nevysušená)</i>	<i>I_A (vys.) / I_A (nevys.)</i>
LV-01	20,5	1,00	0,84	1,18
LV-02	30,5	0,74	0,90	0,81
LV-03	17,2	0,76	0,86	0,88
LV-04	-	-	-	-
LV-05	26,3	0,56	0,68	0,82
LV-06	-	-	-	-
LV-07	19,5	0,64	0,90	0,71
LV-08	18,6	0,74	0,94	0,78
LV-09	23,7	0,73	0,78	0,94
LV-10	35,5	0,47	0,53	0,89
LV-11	24,8	0,66	0,59	1,12
LV-12	29,3	0,55	0,61	0,90
LV-13	16,7	0,63	0,78	0,82
LV-14	30,9	0,42	0,47	0,89
LV-15	27,3	0,55	0,57	0,96
LV-16	24,8	0,59	0,87	0,69
LV-17	26,6	0,54	0,61	0,88
LV-18	39,1	0,22	0,39	0,56
LV-19	24	0,60	0,80	0,74
LV-20	19,3	0,63	0,76	0,83

Tabulka 16: Výsledné hodnoty aktivity jílu

V Tabulce 16 ani v grafu na Obrázku 33 nejsou uvedené vzorky LV-04 a LV-06, jelikož u nich nebylo známo množství jílovité frakce. Graf na Obrázku 33 zobrazuje vyhodnocení aktivity jílu nevysušených a vysušených vzorků. Na ose X je znázorněná aktivita jílu vysušeného vzorku a na ose Y je znázorněná aktivita jílu nevysušeného vzorku. Obdobně jako u indexu plasticity vyšly dva body (LV-01 a LV-11) pod černou čarou, což znamená, že aktivita jílu vysušeného vzorku dosáhla větších hodnot než aktivita jílu nevysušeného vzorku. Zbytek bodů leží nad černou čarou, což znamená, že aktivita jílu vysušeného vzorku má menší hodnoty než aktivita jílu nevysušeného vzorku. Žádný z uvedených bodů se nenachází na černé čáře. Maximální změna vyjádřená poměrem $I_{A,vys}/I_{A,nevys}$ u aktivity jílu je u vzorku LV-18 o 44 %.



Obrázek 33: Graf výsledků aktivity jílu vysušená a nevysušená

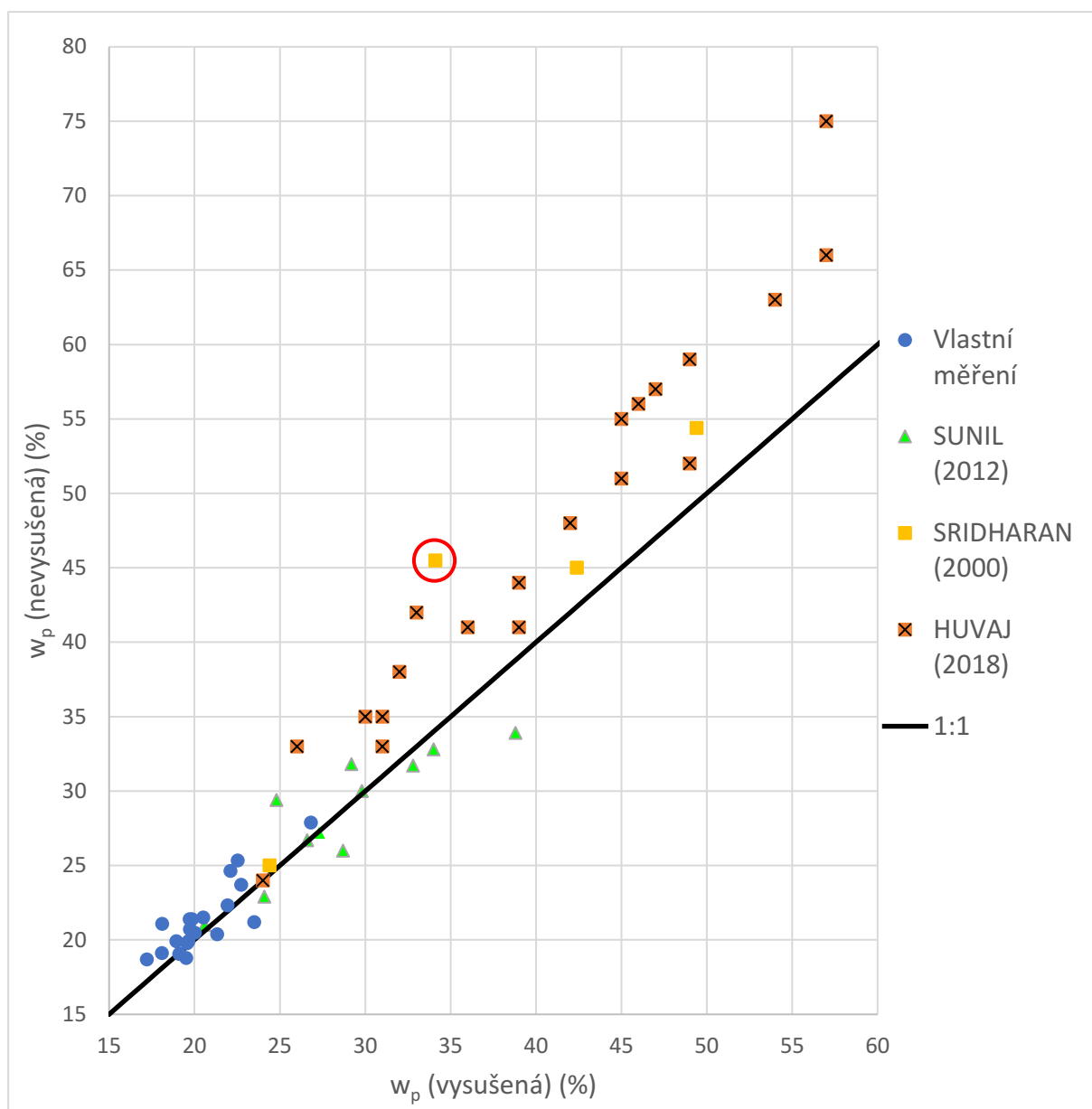
7 Analýza výsledků

V tabulce 17 jsou shrnuty výsledky laboratorních měření z této studie a také z předchozích tří studií uvedených v rešeršní části (Sunil, 2012), (Huvaj, 2018) a (Shridharan, 2000). V modrém sloupci jsou uvedeny výsledky této studie. Průměrný poměr mezi vlhkostí na mezi plasticity vysušeného vzorku a vlhkostí na mezi plasticity nevysušeného vzorku je 0,96. Maximální odchylka od hodnoty jedna je 0,14 a průměrná odchylka 0,04. U vlhkosti na mezi tekutosti v této studii je průměrný poměr 0,91, maximální odchylka 0,18 a průměrná odchylka 0,05. Z výsledků vyplývá, že vlhkost na mezi tekutosti je citlivější na způsob přípravy vzorků než vlhkost na mezi plasticity, jelikož průměrný poměr u vlhkosti na mezi tekutosti je menší než u vlhkosti na mezi plasticity. Při podrobné konfrontaci těchto výsledků s ostatními třemi studiemi je zřejmé, že tyto také došly ke stejným závěrům. Ve všech případech se ukázalo, že vyšší citlivost na přípravu vzorku (tedy to, zda je vysušen vzorek zemin v sušičce při 105 °C, nebo zda jen schne při pokojové teplotě) má stanovení vlhkosti na mezi tekutosti oproti vlhkosti na mezi plasticity.

Studie	Vlastní měření	Huvaj (2018)	Sunil (2012)	Sridharan (2000)
Počet vzorků	20	20	11	4
Typ zemin	F5-F8	pyroklastické půdy	lateritické půdy	mořské jíly
Průměr wP_vysuš/wP_nevysuš	0,96	0,86	1,01	0,89
Max. odchylka	0,14	0,24	0,16	0,25
Prům. odchylka	0,04	0,05	0,06	0,07
Průměr wL_vysuš/wL_nevysuš	0,91	0,77	0,91	0,65
Max. odchylka	0,18	0,34	0,24	0,47
Prům. odchylka	0,05	0,06	0,05	0,1

Tabulka 17: Výsledné hodnoty mého měření a studií (Sunila, 2012), (Huvaje, 2018), (Sridharana, 2000) (zdroj autor)

Obrázek 34 vyobrazuje graf zmíněný v kapitole 5.4, který je doplněn o výsledné hodnoty z laboratorního měření z této studie. Osa X znázorňuje vlhkost na mezi plasticity vysušenou a osa Y vlhkost na mezi plasticity nevysušenou. U osmi zde znázorněných vzorků je vlhkost na mezi plasticity vysušená a vlhkost na mezi plasticity nevysušená stejná, jelikož se body vzorků nacházejí na černé čáře. Největší změna vyjádřená poměrem $w_{P,vys}/w_{P,nevys}$ v tomto grafu viz Obrázek 34 vidíme u vzorku ze studie Shridharan (2000), a to o 25 %.



Obrázek 34: Graf všech výsledných hodnot vlhkosti na mezi plasticity vysušená a vlhkosti na mezi plasticity nevysušená (zdroj autor)

Jemnozrnné soudržné zeminy se klasifikují podle Cassagrandeho plasticitního diagramu, tedy pomocí vlhkosti na mezi tekutosti a indexu plasticity. Hodnoty meze tekutosti a meze plasticity, a tedy i indexu plasticity, se u 20 zemin změnily podle způsobu laboratorní přípravy. Jestliže došlo ke změně meze tekutosti a indexu plasticity, musí se zákonitě změnit poloha bodu v Cassagrandeho plasticitním diagramu, což následně může způsobit, a také způsobilo, změnu názvu u osmi zemin z dvaceti – viz Tabulka 18. Přestože u sedmi zemin došlo ke změně plasticity z jílu s nízkou plasticitou na jíl se střední plasticitou nebo z jílu se střední plasticitou na jíl s vysokou plasticitou, tak pouze u vzorku LV-13 se z jílu s nízkou plasticitou stala hlína se střední plasticitou.

VZOREK	w_L (vysušená)	w_L (nevysušená)
LV-01	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-02	CI - jíl se střední plasticitou	CH - jíl s vysokou plasticitou
LV-03	CL - jíl s nízkou plasticitou	CL - jíl s nízkou plasticitou
LV-04	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-05	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-06	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-07	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-08	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-09	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-10	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-11	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-12	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-13	CL - jíl s nízkou plasticitou	MI - hlína se střední plasticitou
LV-14	CL - jíl s nízkou plasticitou	CL - jíl s nízkou plasticitou
LV-15	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-16	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-17	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-18	MI - hlína se střední plasticitou	MI - hlína se střední plasticitou
LV-19	CI - jíl se střední plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou
LV-20	CL - jíl s nízkou plasticitou	CI - jíl se střední plasticitou

Tabulka 18: Výsledné hodnoty vzorků LV-01 až LV-20 vlhkosti na mezi plasticity (zdroj autor)

8 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo stanovení vlhkosti na mezi plasticity válečkovou metodou na vzorcích připravených mokrou i suchou cestou a vyhodnotit, jaký vliv má příprava vzorku na výsledné hodnoty vlhkosti na mezi plasticity, indexu plasticity, aktivity jílu a klasifikaci zemin.

V práci je popsáno provedení zkoušky vlhkosti na mezi plasticity válečkovou metodou dle normy ČSN EN ISO 17982-12 (listopad 2018). Laboratorní měření bylo provedeno na dvaceti vzorcích LV-01 až LV-20 nevysušených (tzn. připravených mokrou cestou), postupně vysychajících při laboratorní nebo venkovní teplotě a na dvaceti vzorcích LV-01 až LV-20 vysušených (tzn. připravených suchou cestou) v sušičce při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin. Vzorky byly odebrány týmem Čechová, Lackovič ze tří lokalit Moravskoslezského kraje – Ostrava, Opava a Frýdek – Místek.

V rámci studie byly porovnány vlhkosti na mezi vzorků LV-01 až LV-20 se třemi zahraničními studiemi (Sunil, 2012), (Sridharan, 2000), (Huvaj, 2018). Ve výsledcích bylo zjištěno, že způsob přípravy vzorků má vliv na stanovení vlhkosti na mezi plasticity. U 17 z 20 zemin je vlhkost na mezi plasticity nevysušená větší než vlhkost na mezi plasticity vysušená. Maximální změna činí 14 % a výsledné hodnoty jasně prokázaly, že vlhkost na mezi tekutosti (stanovená Čechovou (2020)) je citlivější na přípravu vzorků než vlhkost na mezi plasticity. Výsledné hodnoty aktivity jílu prokázaly, že aktivita jílu vysušeného vzorku má menší hodnoty u 16 z 18 vzorků než aktivita jílu nevysušeného vzorku, podobně je to s indexem plasticity. Index plasticity vysušených vzorků má menší hodnoty než index plasticity nevysušených vzorků u 18 z 20 vzorků zemin.

Při vyhodnocení pomocí Casagrandeho plasticitního diagramu bylo zaznamenáno, že způsob přípravy vzorků měl u 8 z 20 zemin vliv na výsledný název zemin.

Poděkování

Velmi bych chtěla poděkovat mé vedoucí bakalářské práce, Ing. Barbaře Luňáčkové, Ph.D. za její cenné rady, odborné vedení práce, trpělivost, ochotu a připomínky při konzultacích, které mi napomohly ke zlepšení předložené práce.

Seznam obrázků a grafů

Obrázek 1: Průsak srážkové vody z povrchu terénu (Petránek, 2016).....	3
Obrázek 2: Třífázový systém (Lipinský, 2012).....	5
Obrázek 3: Určování meze tekutosti pomocí kuželové zkoušky (ČSN EN ISO 17892-12, 2018)	7
Obrázek 4: Zobrazení konzistence soudržných zemin na vlhkostní ose (Šimek, 1990)	8
Obrázek 5: Plastická oblast různých zemin (Šimek, 1990).....	10
Obrázek 6: Aktivita minerálů a jílu podle Skemptonu (Šimek, 1990)	11
Obrázek 7: Diagram plasticity (ČSN P 73 1005, 2016)	12
Obrázek 8: Laboratorní zkouška pro stanovení meze plasticity (Bednář, 2016)	14
Obrázek 9: Atterbergovy meze pro vzorky vysušené na vzduchu a vysušené v sušičce (Sunil, 2012).....	18
Obrázek 10: Aktivita zemin na vzorcích vysušených v sušičce (OD) a na vzorcích vysušených při teplotě 25–30 °C (AD) (Sunil, 2012). Legenda: Activity = aktivita jílu, air dried = vysušený na vzduchu, oven dried = vysušený v sušičce	19
Obrázek 11: Porovnání vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Sunil, 2012).....	20
Obrázek 12: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Sunil, 2012).....	21
Obrázek 13: Porovnání vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Huvaj, 2018)	24
Obrázek 14: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Huvaj, 2018)	25
Obrázek 15: Porovnání vlhkosti na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Sridharan, 2000)	27
Obrázek 16: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku (Sridharan, 2000).....	28
Obrázek 17 Výsledky studií (Sunil, 2012), (Huvaj, 2018), (Sridharan, 2000) vlhkosti na mezi plasticity (zdroj autor)	29
Obrázek 18: Mapa míst odběrů vzorků (Čechová, 2020)	31
Obrázek 19: Příprava vzorku mokrou cestou (Čechová, 2020).....	33
Obrázek 20: Příprava vzorku suchou cestou (Čechová, 2020).....	33
Obrázek 21: Porovnání vlhkostí na mezi tekutosti vysušeného a nevysušeného vzorku (Čechová, 2020)	35
Obrázek 22: Geotechnická laboratoř FAST, váhy (zdroj autor)	36
Obrázek 23: Geotechnická laboratoř FAST, destička pro určování průměru válečku zeminy (zdroj autor)	36
Obrázek 24: Geotechnická laboratoř FAST, označené váženky (zdroj autor)	36
Obrázek 25: Geotechnická laboratoř FAST, vzorek LV-12 (zdroj autor)	37
Obrázek 26: Geotechnická laboratoř FAST, váleček zeminy o průměru 3 mm (zdroj autor).....	37
Obrázek 27: Geotechnická laboratoř FAST, vážení vzorku zeminy (zdroj autor).....	37
Obrázek 28: Geotechnická laboratoř FAST, vysušený vzorek (zdroj autor)	38
Obrázek 29: Laboratorní protokoly vzorku LV-01 (zdroj autor).....	39
Obrázek 30: Laboratorní protokoly vzorku LV-02 a statistické vyhodnocení (zdroj autor)	40
Obrázek 31: Porovnání vlhkosti na mezi plasticity vysušeného a nevysušeného vzorku.....	42
Obrázek 32: Graf výsledných hodnot indexu plasticity	45
Obrázek 33: Graf výsledků aktivity jílu vysušená a nevysušená.....	47

<i>Obrázek 34: Graf všech výsledných hodnot vlhkosti na mezi plasticity vysušená a vlhkosti na mezi plasticity nevysušená (zdroj autor).....</i>	<i>49</i>
--	-----------

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Kapilární výška zemin (Kolář, 1983)</i>	<i>3</i>
<i>Tabulka 2: Průměrné hodnoty přirozené vlhkosti zeminy (Lipinský, 2012)</i>	<i>4</i>
<i>Tabulka 3: Stupně konzistence (Šimek, 1990)</i>	<i>8</i>
<i>Tabulka 4: Rozdělení zemin podle Atterberga na základě indexu plasticity (Šimek, 1990).....</i>	<i>9</i>
<i>Tabulka 5: Aktivita jílu (Šimek, 1990).....</i>	<i>11</i>
<i>Tabulka 6: Stupně plasticity (ČSN P 73 1005, 2016).....</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka 7: Výsledné hodnoty indexu plasticity a vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity (Sunil, 2012)</i>	<i>17</i>
<i>Tabulka 8: Atterbergovy meze, vzorky nevysušené a vysušené při 110 °C (Huvaj, 2018)</i>	<i>23</i>
<i>Tabulka 9: Vlhkosti na mezi tekutosti a plasticity a index plasticity vysušených a nevysušených vzorků (Sridharan, 2000)</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 10: Meze tekutosti a plasticity homojonizovaných bentonitů a montmorilonitů (Sridharan, 2000)</i>	<i>26</i>
<i>Tabulka 11: Analýza výsledků studií (Sunila, 2012), (Huvaje, 2018), (Shridharana, 2000) (zdroj autor)</i>	<i>30</i>
<i>Tabulka 12: Procentuální zastoupení zrnitostních frakcí a měrné hmotnosti zkoušených vzorků zemin (Čechová, 2020)</i>	<i>32</i>
<i>Tabulka 13: Výsledky vlhkosti na mezi tekutosti vysušené a nevysušené (Čechová, 2020).....</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 14: Výsledné hodnoty mezi plasticity vzorků LV-01 až LV-20 vysušených a nevysušených (zdroj autor)</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 15: vyhodnocení indexu plasticity.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 16: Výsledné hodnoty aktivity jílu.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 17: Výsledné hodnoty mého měření a studií (Sunila, 2012), (Huvaje, 2018), (Sridharana, 2000) (zdroj autor)</i>	<i>48</i>
<i>Tabulka 18: Výsledné hodnoty vzorků LV-01 až LV-20 vlhkosti na mezi plasticity (zdroj autor)</i>	<i>50</i>

Seznam literatury

BEDNÁŘ, Radek, 2016. *Stanovení závislosti meze tekutosti a plasticity zemin na typu zeminy*. Ostrava. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební. Vedoucí práce Doc. RNDr. Hrubešová Eva, Ph.D.

ČECHOVÁ, Veronika, 2020. *Vliv vysoušení zemin na vyhodnocení vlhkosti na mezi tekutosti*. Ostrava. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

ČSN EN ISO 17892-12, 2018. *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin: Část 12: Stanovení meze tekutosti a meze plasticity*. 721007. Praha: Úřad pro technickou normalizaci.

ČSN EN ISO17982-1, 2015. *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin; Část 1 - Stanovení vlhkosti zemin*. 2020. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví.

ČSN P 73 1005, 2016. *Inženýrskogeologický průzkum*. Listopad. Praha: Úřad pro technickou normalizaci a státní zkušebnictví.

HUVAJ, Nejan a Emre UYETURK, 2018. Effects of drying on Atterberg limits of pyroclastic soils of Northern Turkey: Applied Clay Science. *ELSEVIER* [online]. **162**, 46-56 [cit. 2021-03-06]. ISSN 01691317. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.05.020>

JAROŠOVÁ, Marta, 2010. EXPLORATORNÍ ANALÝZA PROMĚNNÝCH. In: <https://homel.vsb.cz> [online]. Ostrava: VŠB- TUO [cit. 2021-03-06]. Dostupné z: https://homel.vsb.cz/~dom033/predmety/statistika/ucebni_text/3exploratory.pdf

KOLÁŘ, V., C. PATOČKA a J. BÉM, 1983. *Hydraulika*. Praha: SNTL Praha, Alfa Bratislava.

LACKOVIČ, Lukáš, 2020. *Vliv měrné hmotnosti na výsledky zrnitostního rozboru zemin*. Ostrava. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební. Vedoucí práce Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

LIPINSKÝ, Bc. Vít, 2012. *Detekce infiltrace srážkové vody metodou EIS*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Doc. Ing. Jana Pařílková, CSc.

PETRÁNEK, Jan, 2016. *Encyklopedie geologie*. 446-401-16. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-901-1.

SRIDHARAN, Asuri, Ahmed EL-SHAFEI a Norihiko MIURA, 2000. A study on the dominating mechanisms and parameters influencing the physical properties of Ariake clay. *Lowland Technology International* [online]. 23(5), 1-16 [cit. 2021-03-06]. ISSN 1344-9656.

SUNIL, B.M. a H. KRISHNAPPA, 2012. Effect of Drying on the Index Properties of Lateritic Soils. *Springer* [online]. 30(4), 869-879 [cit. 2021-03-05]. ISSN 0960-3182. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1007/s10706-012-9504-7>

ŠIMEK, Jiří, Ján JESENÁK, Jaroslav EICHLER a Ivan VANÍČEK, 1990. *Mechanika zemin*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. ISBN 80-03-00428-4.

VOJTASÍK, Karel, 2021. *Zmrazování* [online]. Ostrava: Fakulta stavební VŠB – Technická univerzita Ostrava [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: http://www.geotechnici.cz/wp-content/uploads/2012/08/09UpravaVlastnostiHorninZemin_Zmrazovani_Final.ppsx

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra geotechniky a podzemního stavitelství

Příloha

Student:

Barbora Šabatková

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Barbara Luňáčková, Ph.D.

Ostrava 2021

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA												
VZOREK:						LV - 01						

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU											
-----------------	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	T	A8	J	A2	A3	D	B3	A5	B5	B	U	B4
hmotnost váženky (g)	14,77	15,03	13,35	14,47	14,14	14,17	14,16	15,2	14,31	14,53	13,31	12,96
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,83	18,16	16,99	17,9	17,86	18,09	17,27	18,86	17,7	17,94	17,12	16,35
váženka + suchá zemina	17,34	17,66	16,4	17,37	17,27	17,46	16,78	18,26	17,14	17,4	16,5	15,8
vlhkost (%)	19,07	19,01	19,34	18,28	18,85	19,15	18,70	19,61	19,79	18,82	19,44	19,37
eliminace chyb měření	19,07	19,01	19,34	18,28	18,85	19,15	18,70	19,61	19,79	18,82	19,44	19,37

PRŮMĚR	19,118											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	18,824	19,418		0,594		17,932			20,310			

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU											
-----------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A4	Z	G	O	A	W	L	V	S	N	F	I
hmotnost váženky (g)	14,03	14,6	13,94	14,34	15,39	14,84	14,12	14,94	14,42	15,44	14,03	13,5
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,38	18,73	18,05	17,49	18,77	17,88	17,54	18,14	17,57	18,79	17,57	16,63
váženka + suchá zemina	16,82	18,07	17,36	16,98	18,23	17,4	17	17,64	17,05	18,26	17,02	16,15
vlhkost (%)	20,07	19,02	20,18	19,32	19,01	18,75	18,75	18,52	19,77	18,79	18,39	18,11
eliminace chyb měření	20,07	19,02	20,18	19,32	19,01	18,75	18,75	18,52	19,77	18,79	18,39	18,11

PRŮMĚR	19,058											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	18,576	19,658		1,082		16,953			21,282			

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,118
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	19,058

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 02

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	H	B2	A9	C	X	Q	A7	M	Y	R	K	B
hmotnost váženky (g)	15,06	14,85	14,84	13,28	12,87	14,88	14,42	14,84	13,98	14,53	15	14,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,97	18,49	18,12	16,99	15,98	18,09	17,82	17,86	18,15	18,12	18,12	18,1
váženka + suchá zemina	18,22	17,78	17,5	16,35	15,44	17,48	17,22	17,33	17,35	17,46	17,55	17,39
vlhkost (%)	23,73	24,23	23,31	20,85	21,01	23,46	21,43	21,29	23,74	22,53	22,35	24,83
eliminace chyb měření	23,73	24,23	23,31	20,85	21,01	23,46	21,43	21,29	23,74	22,53	22,35	24,83

PRŮMĚR	22,729				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	21,321	23,738	2,417	17,696	27,363

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A8	A3	D	A5	T	A2	B4	B5	Z	B1	B3	J
hmotnost váženky (g)	15,05	14,15	14,18	15,13	14,77	14,5	12,96	14,31	13,31	14,16	14,17	13,36
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,25	17,57	17,53	18,35	18,67	17,59	16,11	17,72	16,8	17,46	17,36	16,9
váženka + suchá zemina	17,61	16,91	16,9	17,74	17,9	17,01	15,53	17,08	16,12	16,83	16,74	16,22
vlhkost (%)	25,00	23,91	23,16	23,37	24,60	23,11	22,57	23,10	24,20	23,60	24,12	23,78
eliminace chyb měření	25,00	23,91	23,16	23,37	24,60	23,11	22,57	23,10	24,20	23,60	24,12	23,78

PRŮMĚR	23,710				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	23,121	24,181	1,059	21,532	25,770

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	22,729
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	23,710

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 03

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A4	Z	G	O	A	W	L	V	S	N	F	I
hmotnost váženky (g)	14,03	14,6	13,93	14,34	15,38	14,75	14,05	14,84	14,4	15,42	14,03	13,49
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,42	17,91	17,01	17,84	18,49	18,92	18,27	18,24	17,86	18,84	17,61	18,19
váženka + suchá zemina	16,91	17,44	16,55	17,3	18,04	18,32	17,64	17,77	17,35	18,32	17,08	17,52
vlhkost (%)	17,71	16,55	17,56	18,24	16,92	16,81	17,55	16,04	17,29	17,93	17,38	16,63
eliminace chyb měření	17,71	16,55	17,56	18,24	16,92	16,81	17,55	16,04	17,29	17,93	17,38	16,63

PRŮMĚR	17,216				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	16,671	17,671	1,000	15,171	19,170

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	94	93	86	90	63	84	66	64	88	89	79	80
hmotnost váženky (g)	15,09	15,47	15,62	16,37	17,88	15,06	15,38	18,72	16,34	16,02	15,56	15,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,48	18,99	20,47	19,79	21,51	19,05	18,54	22,4	19,48	19,55	19,16	18,88
váženka + suchá zemina	17,94	18,42	19,71	19,24	20,94	18,41	18,04	21,83	18,99	19	18,6	18,37
vlhkost (%)	18,95	19,32	18,58	19,16	18,63	19,10	18,80	18,33	18,49	18,46	18,42	17,96
eliminace chyb měření	18,95	19,32	18,58	19,16	18,63	19,10	18,80	18,33	18,49	18,46	18,42	17,96

PRŮMĚR	18,683				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	18,430	19,065	0,635	17,477	20,018

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	17,216
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	18,683

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA

VZOREK:

LV - 04

ZPŮSOB PŘÍPRAVY

VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	K	Y	A9	A7	M	X	H	C	B2	B1	Q	R
hmotnost váženky (g)	15	13,99	14,85	14,43	14,85	12,89	15,07	13,3	14,88	14,16	14,88	14,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,59	18,17	19,91	17,75	18,42	16,65	18,13	16,34	17,91	17,34	18,25	17,99
váženka + suchá zemina	17,91	17,39	19	17,14	17,79	15,92	17,54	15,77	17,3	16,71	17,59	17,31
vlhkost (%)	23,37	22,94	21,93	22,51	21,43	24,09	23,89	23,08	25,21	24,71	24,35	24,46
eliminace chyb měření	23,37	22,94	21,93	22,51	21,43	24,09	23,89	23,08	25,21	24,71	24,35	24,46

PRŮMĚR	23,496											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ			IQR			SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ	
	22,617	24,434			1,817			19,892			27,159	

ZPŮSOB PŘÍPRAVY

NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	78	67	86	84	66	93	90	94	63	64	88	80
hmotnost váženky (g)	17,04	15,31	15,62	15,06	15,38	15,47	16,36	15,11	17,87	18,71	16,33	15,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	21,05	19,52	19,12	18,49	19,17	18,52	20,11	18,36	21,17	22,13	19,79	20,28
váženka + suchá zemina	20,34	18,74	18,52	17,88	18,5	17,99	19,47	17,76	20,59	21,53	19,19	19,44
vlhkost (%)	21,52	22,74	20,69	21,63	21,47	21,03	20,58	22,64	21,32	21,28	20,98	21,48
eliminace chyb měření	21,52	NE	20,69	21,63	21,47	21,03	20,58	NE	21,32	21,28	20,98	21,48

PRŮMĚR	21,198											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ			IQR			SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ	
	20,992	21,602			0,610			20,077			22,517	

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	23,496
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	21,198

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA											
VZOREK:						LV - 05					

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU										
-----------------	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	55	83	92	99	69	61	74	152	67	78	70	56
hmotnost váženky (g)	15,58	15,71	16,34	15,88	15,96	15,73	16,28	16,08	15,31	17,05	16,12	15,35
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,98	18,93	19,56	19,06	19	19,39	19,68	19,2	18,64	20,7	19,79	18,58
váženka + suchá zemina	18,4	18,37	19,05	18,53	18,48	18,76	19,1	18,68	18,06	20,1	19,16	18,03
vlhkost (%)	20,57	21,05	18,82	20,00	20,63	20,79	20,57	20,00	21,09	19,67	20,72	20,52
eliminace chyb měření	20,57	21,05	NE	20,00	20,63	20,79	20,57	20,00	21,09	19,67	20,72	20,52

PRŮMĚR	20,511											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ		HORNÍ MEZ				
	20,000	20,775		0,775		18,838		21,937				

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU										
-----------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	70	73	99	56	61	94	91	90	78	80	54	62
hmotnost váženky (g)	16,13	15,69	15,88	15,37	15,69	15,07	16,21	16,38	17,05	15,54	15,87	15,79
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,34	18,86	18,95	18,71	19,4	18,11	19,58	19,64	20,16	18,6	18,9	19
váženka + suchá zemina	18,78	18,3	18,42	18,09	18,75	17,56	18,97	19,06	19,6	18,05	18,39	18,45
vlhkost (%)	21,13	21,46	20,87	22,79	21,24	22,09	22,10	21,64	21,96	21,91	20,24	20,68
eliminace chyb měření	21,13	21,46	20,87	22,79	21,24	22,09	22,10	21,64	21,96	21,91	20,24	20,68

PRŮMĚR	21,509											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ		HORNÍ MEZ				
	20,933	22,056		1,124		19,247		23,742				

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	20,511
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	21,509

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 06

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	61	78	56	55	80	94	66	152	84	88	67	93
hmotnost váženky (g)	15,7	17,05	15,35	15,58	15,54	15,08	15,39	16,09	15,05	16,33	15,31	15,48
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,2	20,15	18,78	18,84	18,96	18,16	18,41	19,43	18,23	19,37	18,49	18,75
váženka + suchá zemina	18,64	19,64	18,2	18,3	18,4	17,64	17,9	18,86	17,72	18,86	17,97	18,21
vlhkost (%)	19,05	19,69	20,35	19,85	19,58	20,31	20,32	20,58	19,10	20,16	19,55	19,78
eliminace chyb měření	19,05	19,69	20,35	19,85	19,58	20,31	20,32	20,58	19,10	20,16	19,55	19,78

PRŮMĚR	19,860											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,557	20,317	0,760	18,416	21,458							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	61	56	54	79	70	99	83	55	96	71	72	89
hmotnost váženky (g)	15,71	15,36	15,88	15,54	16,12	15,89	15,69	15,58	17,12	16,2	15,3	16,03
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,84	18,58	18,91	18,85	19,5	19,08	19,61	18,96	20,95	19,69	18,68	19,1
váženka + suchá zemina	18,3	18,02	18,37	18,28	18,91	18,5	18,91	18,38	20,24	19,1	18,09	18,54
vlhkost (%)	20,85	21,05	21,69	20,80	21,15	22,22	21,74	20,71	22,76	20,34	21,15	22,31
eliminace chyb měření	20,85	21,05	21,69	20,80	21,15	22,22	21,74	20,71	22,76	20,34	21,15	22,31

PRŮMĚR	21,398											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	20,815	22,101	1,287	18,884	24,032							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,860
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	21,398

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 07

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	88	55	61	93	152	94	56	67	84	66	78	80
hmotnost váženky (g)	16,36	15,57	15,71	15,48	16,08	15,07	15,36	15,32	15,02	15,4	17,05	15,56
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,53	18,85	18,75	18,86	19,39	18,19	18,57	18,56	18,16	18,55	20,11	18,62
váženka + suchá zemina	19,05	18,32	18,29	18,34	18,9	17,73	18,07	18,04	17,67	18,09	19,7	18,15
vlhkost (%)	17,84	19,27	17,83	18,18	17,38	17,29	18,45	19,12	18,49	17,10	15,47	18,15
eliminace chyb měření	17,84	19,27	17,83	18,18	17,38	17,29	18,45	19,12	18,49	17,10	NE	18,15

PRŮMĚR	18,100											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	17,314	18,480	1,167	15,564	20,230							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
hmotnost váženky (g)	14,33	14,16	14,04	14,02	12,87	15,13	14,53	13,93	13,3	15,38	12,94	15,43
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,45	17,89	17,12	17,43	16,4	18,52	18,34	17,42	16,34	18,64	16,21	19,9
váženka + suchá zemina	16,95	17,29	16,63	16,89	15,82	17,97	17,72	16,87	15,92	18,08	15,68	19,2
vlhkost (%)	19,08	19,17	18,92	18,82	19,66	19,37	19,44	18,71	16,03	20,74	19,34	18,57
eliminace chyb měření	19,08	19,17	18,92	18,82	19,66	19,37	19,44	18,71	NE	NE	19,34	18,57

PRŮMĚR	19,107											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	18,734	19,418	0,684	17,709	20,444							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	18,100
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	19,107

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 08

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A5	Q	C	A3	J	R	B4	H	X	B1	A2	B3
hmotnost váženky (g)	15,13	14,88	13,28	14,15	13,36	14,53	12,95	15,06	12,87	14,15	14,49	14,17
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,46	18,58	17,13	17,4	18,39	18	16,59	18,43	16,33	17,58	18,39	18,37
váženka + suchá zemina	17,91	18,01	16,52	16,89	17,59	17,47	16,03	17,88	15,79	17,02	17,76	17,67
vlhkost (%)	19,78	18,21	18,83	18,61	18,91	18,03	18,18	19,50	18,49	19,51	19,27	20,00
eliminace chyb měření	19,78	18,21	18,83	18,61	18,91	18,03	18,18	19,50	18,49	19,51	19,27	20,00

PRŮMĚR	18,944											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	18,281	19,510	1,229	16,439	21,353							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	89	96	92	68	101	54	69	79	99	86	90	95
hmotnost váženky (g)	16,03	17,15	16,34	16,53	17,29	15,86	15,98	15,55	15,87	15,61	16,37	15,85
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,24	20,25	19,45	19,68	20,46	18,9	19,26	18,7	18,97	18,85	19,63	18,91
váženka + suchá zemina	18,69	19,73	18,93	19,16	19,93	18,41	18,71	18,19	18,47	18,29	19,09	18,41
vlhkost (%)	20,68	20,16	20,08	19,77	20,08	19,22	20,15	19,32	19,23	20,90	19,85	19,53
eliminace chyb měření	20,68	20,16	20,08	19,77	20,08	19,22	20,15	19,32	19,23	20,90	19,85	19,53

PRŮMĚR	19,912											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,371	20,153	0,781	18,199	21,325							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	18,944
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	19,912

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 09

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A8	A3	D	A5	T	A2	B4	B5	U	B1	B3	J
hmotnost váženky (g)	15,05	14,15	14,18	15,12	14,77	14,5	12,96	14,32	13,32	14,16	14,16	13,37
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,22	17,84	18,52	19,89	18,36	19,33	16,97	18,28	17,72	20	17,8	17,3
váženka + suchá zemina	18,57	17,27	17,85	19,15	17,8	18,58	16,36	17,69	17,03	19,14	17,26	16,69
vlhkost (%)	18,47	18,27	18,26	18,36	18,48	18,38	17,94	17,51	18,60	17,27	17,42	18,37
eliminace chyb měření	18,47	18,27	18,26	18,36	18,48	18,38	17,94	17,51	18,60	17,27	17,42	18,37

PRŮMĚR	18,111				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	17,616	18,445	0,829	16,372	19,689

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	95	97	73	62	74	65	68	92	152	101	87	69
hmotnost váženky (g)	15,88	16,75	15,68	15,79	16,3	17,08	16,53	16,33	16,08	17,32	16,24	15,96
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,08	20,14	19,22	19,13	19,81	20,12	20,06	19,55	19,29	20,79	19,64	19,06
váženka + suchá zemina	18,52	19,54	18,61	18,54	19,18	19,6	19,44	18,99	18,74	20,2	19,02	18,55
vlhkost (%)	21,21	21,51	20,82	21,45	21,88	20,63	21,31	21,05	20,68	20,49	22,30	19,69
eliminace chyb měření	21,21	21,51	20,82	21,45	21,88	20,63	21,31	21,05	20,68	20,49	22,30	19,69

PRŮMĚR	21,085				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	20,645	21,493	0,847	19,374	22,764

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	18,111
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	21,085

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 10

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	99	68	86	92	62	74	71	97	67	80	88	55
hmotnost váženky (g)	15,88	16,53	15,61	16,34	15,81	16,29	16,21	16,75	15,31	15,52	16,32	15,58
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,99	19,79	18,74	19,58	18,88	19,49	19,72	19,88	18,85	19,05	19,8	18,95
váženka + suchá zemina	18,48	19,25	18,23	19,09	18,38	18,95	19,14	19,33	18,27	18,47	19,23	18,39
vlhkost (%)	19,62	19,85	19,47	17,82	19,46	20,30	19,80	21,32	19,59	19,66	19,59	19,93
eliminace chyb měření	19,62	19,85	19,47	NE	19,46	20,30	19,80	NE	19,59	19,66	19,59	19,93

PRŮMĚR	19,726											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,496	19,910	0,414	18,876	20,530							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	152	63	71	80	55	97	90	62	70	74	95	68
hmotnost váženky (g)	16,09	17,89	16,21	15,55	15,57	16,75	16,38	15,81	16,12	16,28	15,85	16,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,26	21,11	19,47	18,99	18,79	20,02	19,77	19,22	19,48	19,3	19,03	20,11
váženka + suchá zemina	18,69	20,56	18,9	18,4	18,23	19,43	19,17	18,62	18,89	18,77	18,43	19,5
vlhkost (%)	21,92	20,60	21,19	20,70	21,05	22,01	21,51	21,35	21,30	21,29	23,26	20,54
eliminace chyb měření	21,92	20,60	21,19	20,70	21,05	22,01	21,51	21,35	21,30	21,29	23,26	20,54

PRŮMĚR	21,393											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	20,789	21,819	1,029	19,246	23,362							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,726
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	21,393

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA											
VZOREK:						LV - 11					

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU										
-----------------	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	35	93	61	101	87	56	84	89	69	78	66	90
hmotnost váženky (g)	17,08	15,5	15,7	17,33	16,25	15,34	15,06	16,02	15,97	17,04	16,38	16,37
váženka + vlhk. Zeminy (g)	20,18	19,01	18,9	20,84	19,96	18,65	18,25	19,44	19,54	20,13	18,77	19,61
váženka + suchá zemina	19,61	18,37	18,33	20,22	19,3	18,05	17,66	18,44	18,92	19,59	18,17	19,01
vlhkost (%)	22,53	22,30	21,67	21,45	21,64	22,14	22,69	41,32	21,02	21,18	33,52	22,73
eliminace chyb měření	22,53	22,30	21,67	21,45	21,64	22,14	22,69	NE	21,02	21,18	NE	22,73

PRŮMĚR	21,935											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	21,500	22,719		1,219		19,672			24,547			

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU										
-----------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	92	65	63	67	88	84	64	87	66	101	72	68
hmotnost váženky (g)	16,33	17,05	17,88	15,32	16,32	15,05	18,72	16,22	15,41	17,32	15,31	16,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,45	20,32	21,98	18,44	19,47	18,2	21,93	19,46	18,62	20,44	18,47	19,54
váženka + suchá zemina	18,89	19,73	21,24	17,87	18,9	17,61	21,32	18,85	18,04	19,88	17,9	19
vlhkost (%)	21,87	22,01	22,02	22,35	22,09	23,05	23,46	23,19	22,05	21,88	22,01	21,86
eliminace chyb měření	21,87	22,01	22,02	22,35	22,09	23,05	23,46	23,19	22,05	21,88	22,01	21,86

PRŮMĚR	22,322											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	21,908	22,873		0,965		20,460			24,321			

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	21,935
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	22,322

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 12

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	94	84	101	93	69	78	87	61	89	66	56	65
hmotnost váženky (g)	15,1	15,05	17,3	15,48	15,97	17,08	16,23	15,69	16,02	15,37	15,36	17,04
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,57	18,45	20,61	18,52	19,04	20,31	19,36	19,02	19,32	18,61	18,67	20,73
váženka + suchá zemina	18,01	17,88	20,07	18,05	18,53	19,79	18,83	18,46	18,78	18,11	18,11	20,12
vlhkost (%)	19,24	20,14	19,49	18,29	19,92	19,19	20,38	20,22	19,57	18,25	20,36	19,81
eliminace chyb měření	19,24	20,14	19,49	18,29	19,92	19,19	20,38	20,22	19,57	18,25	20,36	19,81

PRŮMĚR	19,572				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	19,202	20,198	0,996	17,709	21,691

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	79	86	152	89	83	74	93	97	55	96	95	69
hmotnost váženky (g)	15,56	15,64	16,1	16,04	15,68	16,3	15,48	16,76	15,59	17,13	15,84	15,97
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,32	19,37	19,54	19,41	18,94	20,11	18,86	20,33	18,84	20,22	19,19	19,18
váženka + suchá zemina	18,68	18,73	18,99	18,86	18,42	19,47	18,29	19,74	18,32	19,72	18,63	18,65
vlhkost (%)	20,51	20,71	19,03	19,50	18,98	20,19	20,28	19,80	19,05	19,31	20,07	19,78
eliminace chyb měření	20,51	20,71	19,03	19,50	18,98	20,19	20,28	19,80	19,05	19,31	20,07	19,78

PRŮMĚR	19,768				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	19,112	20,261	1,149	17,389	21,984

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,572
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	19,768

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 13

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
hmotnost váženky (g)	14,34	13,28	14,86	14,83	15,05	14,47	14,15	14,83	14,13	14,29	13,36	13,17
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,11	16,75	18,21	18,07	18,6	18,49	17,87	18,35	17,89	17,46	16,91	17,29
váženka + suchá zemina	17,42	16,13	17,61	17,47	17,93	17,76	17,17	17,7	17,21	16,87	16,26	16,52
vlhkost (%)	22,40	21,75	21,82	22,73	23,26	22,19	23,18	22,65	22,08	22,87	22,41	22,99
eliminace chyb měření	22,40	21,75	21,82	22,73	23,26	22,19	23,18	22,65	22,08	22,87	22,41	22,99

PRŮMĚR	22,527											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	22,106	22,956	0,850	20,830	24,231							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
hmotnost váženky (g)	13,12	14,59	14,99	14,51	14,17	13,99	14,77	15,03	14,99	14,15	14,92	14,84
váženka + vlhk. Zeminy (g)	16,15	17,7	18,74	17,82	17,32	16,99	17,94	18,21	18,3	17,37	18,05	18,09
váženka + suchá zemina	15,56	17,07	18	17,13	16,71	16,36	17,29	17,56	17,66	16,73	17,39	17,42
vlhkost (%)	24,18	25,40	24,58	26,34	24,02	26,58	25,79	25,69	23,97	24,81	26,72	25,97
eliminace chyb měření	24,18	25,40	24,58	26,34	24,02	26,58	25,79	25,69	23,97	24,81	26,72	25,97

PRŮMĚR	25,338											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	24,281	26,244	1,963	21,337	29,188							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	22,527
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	25,338

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 14

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	85	84	56	64	92	54	88	87	63	65	66	72
hmotnost váženky (g)	15,87	15,05	15,34	18,73	16,33	15,86	16,32	16,24	17,87	17,05	15,4	15,3
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,95	18,42	19,42	22,08	19,95	19,02	20,34	19,97	22	20,66	18,53	18,55
váženka + suchá zemina	19,27	17,86	18,74	21,5	19,36	18,48	19,68	19,35	21,34	20,06	18,02	18,03
vlhkost (%)	20,00	19,93	20,00	20,94	19,47	20,61	19,64	19,94	19,02	19,93	19,47	19,05
eliminace chyb měření	20,00	19,93	20,00	NE	19,47	20,61	19,64	19,94	19,02	19,93	19,47	19,05

PRŮMĚR	19,732											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,467	20,000	0,533	18,668	20,799							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
hmotnost váženky (g)	13,11	14,59	15,01	14,54	14,16	13,97	14,76	15,06	14,99	14,15	14,91	14,84
váženka + vlhk. Zeminy (g)	16,34	17,87	18,85	17,87	17,25	17,06	18,17	18,3	18,11	18,02	18,16	18
váženka + suchá zemina	15,78	17,33	18,18	17,31	16,74	16,51	17,59	17,74	17,56	17,38	17,61	17,43
vlhkost (%)	20,97	19,71	21,14	20,22	19,77	21,65	20,49	20,90	21,40	19,81	20,37	22,01
eliminace chyb měření	20,97	19,71	21,14	20,22	19,77	21,65	20,49	20,90	21,40	19,81	20,37	22,01

PRŮMĚR	20,703											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,915	21,334	1,420	17,785	23,464							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,732
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	20,703

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 15

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	90	152	89	93	71	97	74	83	80	79	86	78
hmotnost váženky (g)	16,37	16,1	16,04	15,48	16,22	16,75	16,3	15,72	15,54	15,56	15,63	17,04
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,55	19,79	19,3	19,16	20	20,61	20,66	19,13	18,88	18,91	19,03	20,48
váženka + suchá zemina	19,03	19,18	18,78	18,55	19,35	19,97	19,94	18,56	18,34	18,36	18,48	19,93
vlhkost (%)	19,55	19,81	18,98	19,87	20,70	19,88	19,78	20,07	19,29	19,64	19,30	19,03
eliminace chyb měření	19,55	19,81	18,98	19,87	20,70	19,88	19,78	20,07	19,29	19,64	19,30	19,03

PRŮMĚR	19,657											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,289	19,874	0,585	18,411	20,752							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROUCESTOU
-----------------	-------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	68	55	73	70	67	101	99	62	94	96	69	61
hmotnost váženky (g)	16,54	15,57	15,69	16,1	15,32	17,31	15,88	15,8	15,08	17,13	15,97	15,71
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,57	19,6	18,94	19,31	18,4	20,4	19,59	19,25	18,41	20,3	19,12	18,76
váženka + suchá zemina	19,03	18,93	18,4	18,78	17,9	19,9	18,99	18,67	17,85	19,78	18,59	18,23
vlhkost (%)	21,69	19,94	19,93	19,78	19,38	19,31	19,29	20,21	20,22	19,62	20,23	21,03
eliminace chyb měření	NE	19,94	19,93	19,78	19,38	19,31	19,29	20,21	20,22	19,62	20,23	21,03

PRŮMĚR	19,903											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,441	20,226	0,785	18,262	21,404							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,657
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	19,903

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 16

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	83	79	92	96	67	86	54	88	64	72	73	93
hmotnost váženky (g)	15,7	15,55	16,33	17,13	15,31	15,64	15,86	16,33	18,73	15,33	16,68	15,83
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,79	18,89	19,75	20,32	18,53	19,57	19,5	18,9	21,91	18,58	18,86	18,92
váženka + suchá zemina	18,26	18,35	19,22	19,81	18	18,9	18,91	18,49	21,38	18,06	18,35	18,41
vlhkost (%)	20,70	19,29	18,34	19,03	19,70	20,55	19,34	18,98	20,00	19,05	30,54	19,77
eliminace chyb měření	20,70	19,29	18,34	19,03	19,70	20,55	19,34	18,98	20,00	19,05	NE	19,77

PRŮMĚR	19,523											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,034	20,414	1,380	16,965	22,484							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	H	B2	A9	C	X	Q	A7	M	Y	R	K	B
hmotnost váženky (g)	15,06	14,85	14,84	13,28	12,87	14,88	14,42	14,84	13,98	14,53	15	14,53
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,09	18,09	18,15	17,02	16,05	18,43	18,11	18,46	17,58	17,57	18,01	17,84
váženka + suchá zemina	17,63	17,55	17,65	16,43	15,48	17,87	17,54	17,88	17,01	17,08	17,53	17,31
vlhkost (%)	17,90	20,00	17,79	18,73	21,84	18,73	18,27	19,08	18,81	19,22	18,97	19,06
eliminace chyb měření	17,90	20,00	17,79	18,73	NE	18,73	18,27	19,08	18,81	19,22	18,97	19,06

PRŮMĚR	18,779											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	18,384	19,182	0,797	17,188	20,377							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	19,523
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	18,779

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 17

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A	B	C	D	E	F	G	H	CH	I	J	K
hmotnost váženky (g)	14,17	14,3	13,17	14,02	14,76	15,38	14,33	14,83	14,33	13,37	14,48	14,82
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,23	17,42	16,39	17,12	18,61	18,81	17,68	18,43	17,7	16,42	17,83	18,16
váženka + suchá zemina	17,54	16,89	15,85	16,57	18	18,24	17,11	17,82	17,15	15,92	17,3	17,6
vlhkost (%)	20,47	20,46	20,15	21,57	18,83	19,93	20,50	20,40	19,50	19,61	18,79	20,14
eliminace chyb měření	20,47	20,46	20,15	21,57	18,83	19,93	20,50	20,40	19,50	19,61	18,79	20,14

PRŮMĚR	20,031				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	19,530	20,472	0,942	18,116	21,885

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
hmotnost váženky (g)	14,34	14,17	14,02	14,02	12,87	15,11	14,52	13,93	13,29	15,38	12,95	15,43
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,9	17,38	17,13	17,57	16,96	18,99	17,97	17,09	16,91	18,52	16,16	18,48
váženka + suchá zemina	17,32	16,83	16,62	16,98	16,27	18,33	17,37	16,57	15,96	17,95	15,61	17,95
vlhkost (%)	19,46	20,68	19,62	19,93	20,29	20,50	21,05	19,70	35,58	22,18	20,68	21,03
eliminace chyb měření	19,46	20,68	19,62	19,93	20,29	20,50	21,05	19,70	NE	22,18	20,68	21,03

PRŮMĚR	20,465				
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ
	19,756	21,047	1,292	17,818	22,985

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	20,031
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	20,465

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA	
VZOREK:	LV - 18

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU
-----------------	------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	CH1	I1	J1	K1
hmotnost váženky (g)	14,52	15,06	14,53	14,58	14,91	15,04	14,83	14,12	13,28	14,02	15,12	14,13
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,73	18,25	17,76	18,34	18,4	18,45	18,21	17,24	16,74	17,13	18,27	18,68
váženka + suchá zemina	17,06	17,56	17,1	17,52	17,65	17,75	17,49	16,58	16	16,48	17,41	17,92
vlhkost (%)	26,38	27,60	25,68	27,89	27,37	25,83	27,07	26,83	27,21	26,42	37,55	20,05
eliminace chyb měření	26,38	27,60	25,68	27,89	27,37	25,83	27,07	26,83	27,21	26,42	NE	NE

PRŮMĚR	26,828											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	25,967	27,543	1,576	23,603	29,907							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU
-----------------	--------------------------------------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	CH3	I3	J3	K3
hmotnost váženky (g)	14,9	15	13,91	14,99	15,44	12,85	14,16	13,96	12,95	13,3	13,12	14,15
váženka + vlhk. Zeminy (g)	18,07	18,2	17,06	18,02	18,61	16	17,27	17,04	16,03	16,38	16,39	17,56
váženka + suchá zemina	17,33	17,47	16,4	17,35	17,92	15,32	16,58	16,36	15,36	15,72	15,68	16,83
vlhkost (%)	30,45	29,55	26,51	28,39	27,82	27,53	28,51	28,33	27,80	27,27	27,73	27,24
eliminace chyb měření	NE	29,55	26,51	28,39	27,82	27,53	28,51	28,33	27,80	27,27	27,73	27,24

PRŮMĚR	27,881											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	27,337	28,482	1,145	25,620	30,199							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	26,828
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	27,881

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA

VZOREK:

LV - 19

ZPŮSOB PŘÍPRAVY

VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
hmotnost váženky (g)	13,13	14,59	14,99	14,54	14,17	13,98	14,75	15,06	14,99	14,14	14,92	14,87
váženka + vlhk. Zeminy (g)	16,21	17,93	18,15	17,71	17,61	17,07	18,32	18,09	18,18	17,26	18,1	18,02
váženka + suchá zemina	15,69	17,36	17,58	17,14	16,99	16,54	17,71	17,54	17,64	16,69	17,53	17,47
vlhkost (%)	20,31	20,58	22,01	21,92	21,99	20,70	20,61	22,18	20,38	22,35	21,84	21,15
eliminace chyb měření	20,31	20,58	22,01	21,92	21,99	20,70	20,61	22,18	20,38	22,35	21,84	21,15

PRŮMĚR	21,335											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	20,585	22,002	1,417	18,460	24,128							

ZPŮSOB PŘÍPRAVY

NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	96	54	73	70	72	79	64	63	94	95	83	152
hmotnost váženky (g)	17,16	15,87	15,68	16,11	15,31	15,55	18,71	17,88	15,1	15,85	15,71	16,08
váženka + vlhk. Zeminy (g)	20,25	19,05	18,72	19,2	18,4	18,82	22	21	18,25	19,44	18,94	19,2
váženka + suchá zemina	19,73	18,48	18,22	18,67	17,9	18,26	21,44	20,48	17,71	18,82	18,38	18,7
vlhkost (%)	20,23	21,84	19,69	20,70	19,31	20,66	20,51	20,00	20,69	20,88	20,97	19,08
eliminace chyb měření	20,23	21,84	19,69	20,70	19,31	20,66	20,51	20,00	20,69	20,88	20,97	19,08

PRŮMĚR	20,380											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ	IQR	SPODNÍ MEZ	HORNÍ MEZ							
	19,764	20,832	1,069	18,161	22,435							

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	21,335
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	20,380

VLHKOST A MEZI PLASTICTY - VÁLEČKOVÁ METODA												
VZOREK:						LV - 20						

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	VYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN SUCHOU CESTOU											
-----------------	------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	B2	A7	L	K	A9	M	G	A8	B	Y	S	T
hmotnost váženky (g)	14,87	14,42	14,12	15	14,83	14,82	13,93	15,03	14,53	13,98	14,41	14,76
váženka + vlhk. Zeminy (g)	19,39	18,2	17,28	18,38	18,44	18,05	17,97	18,68	18,02	18,13	17,77	18,91
váženka + suchá zemina	18,55	17,5	16,71	17,76	17,81	17,47	17,25	18,01	17,38	17,39	17,16	18,17
vlhkost (%)	22,83	22,73	22,01	22,46	21,14	21,89	21,69	22,48	22,46	21,70	22,18	21,70
eliminace chyb měření	22,83	22,73	22,01	22,46	21,14	21,89	21,69	22,48	22,46	21,70	22,18	21,70

PRŮMĚR	22,105											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	21,701	22,478		0,777		20,535			23,645			

ZPŮSOB PŘÍPRAVY	NEVYSUŠENÝ - PŘIPRAVEN MOKROU CESTOU											
-----------------	--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
číslo váženky	U	D	O	W	A4	Z	I	A	V	F	N	E
hmotnost váženky (g)	13,31	14,17	14,33	14,84	14,03	14,6	13,49	15,39	14,93	14,04	15,44	14,33
váženka + vlhk. Zeminy (g)	17,56	18,74	18,27	17,97	17,2	17,92	18,44	18,99	18,13	17,51	19,34	17,49
váženka + suchá zemina	16,71	17,84	17,48	17,36	16,58	17,25	17,47	18,28	17,49	16,84	18,57	16,83
vlhkost (%)	25,00	24,52	25,08	24,21	24,31	25,28	24,37	24,57	25,00	23,93	24,60	26,40
eliminace chyb měření	25,00	24,52	25,08	24,21	24,31	25,28	24,37	24,57	25,00	23,93	24,60	NE

PRŮMĚR	24,625											
QUARTILY	SPODNÍ	HORNÍ		IQR		SPODNÍ MEZ			HORNÍ MEZ			
	24,328	25,060		0,731		23,231			26,156			

VYSUŠENÝ	wP_ vys (%)	22,105
NEVYSUŠENÝ	wP_ nevys (%)	24,625